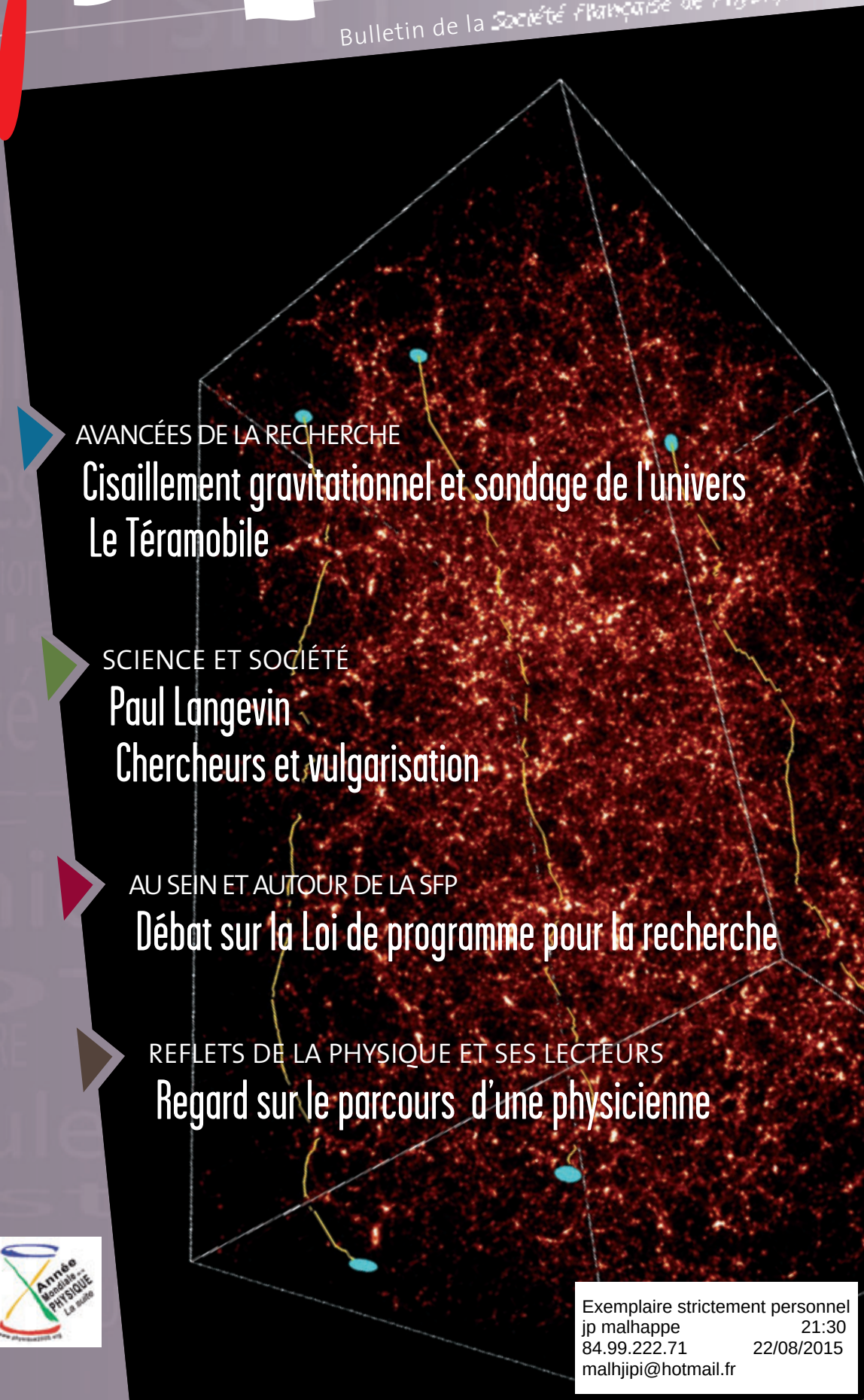
reflets de la PHYSIQUE

n°1
septembre-octobre 2006

Bulletin de la Société Française de Physique



AVANCÉES DE LA RECHERCHE

Cisaillement gravitationnel et sondage de l'univers
Le Téramobile

SCIENCE ET SOCIÉTÉ

Paul Langevin
Chercheurs et vulgarisation

AU SEIN ET AUTOUR DE LA SFP

Débat sur la Loi de programme pour la recherche

REFLETS DE LA PHYSIQUE ET SES LECTEURS

Regard sur le parcours d'une physicienne

n°1 - septembre-octobre 2006 - 10 € - 5 numéros par an

www.sfpnet.fr

Exemplaire strictement personnel
jp malhappe 21:30
84.99.222.71 22/08/2015
malhjipi@hotmail.fr

La SFP et les « jeunes » physiciens et physiciennes

Sur les presque 3000 membres de la SFP, 20% à peine sont des « jeunes » : étudiants en master ou en école d'ingénieurs, doctorants et post-doctorants, jeunes maîtres de conférences et chargés de recherche ou ingénieurs de moins de 35 ans. Ce chiffre n'est pas satisfaisant et représente moins de 10% de cette communauté de jeunes physiciens. Nos grandes sociétés sœurs : la Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), en Allemagne, et l'Institute of Physics (IOP), au Royaume-Uni, réalisent de bien meilleures performances. La moitié des membres de la DPG (50 000 membres) ont moins de 35 ans ; il en est de même pour le quart des 40 000 membres de l'IOP, alors que les communautés de physiciens et d'ingénieurs sont de taille comparable à celle de la France. Parmi les multiples activités de la DPG, celles destinées aux jeunes chercheurs ont beaucoup de succès : elles proposent des rubriques « recherche d'emploi » dans le magazine et sur le site Internet de la DPG, et aussi des contacts avec les entreprises. Côté IOP, plusieurs actions spécifiques sont proposées aux étudiants, telles qu'une information complète sur le système de bourses et une aide à la rédaction de CV.

La SFP a pris conscience de la nécessité de recruter des « jeunes », en particulier au séminaire d'Orléans en décembre 2005. Aux Journées de la Matière Condensée de Toulouse en août 2006, une table ronde sur l'emploi des docteurs en physique a été organisée en présence d'industriels. Il en sera de même au Congrès Général de la SFP à Grenoble en juillet 2007. Notre collègue Johannes Orphal coordonne plusieurs initiatives en vue de mieux répondre à l'attente des « jeunes » : citons la création de rubriques « offres et demandes d'emploi » sur le site rénové de la SFP et un espace réservé aux jeunes physiciens dans « Reflets de la Physique », qui démarre avec des interviews de jeunes chercheurs et des articles d'industriels sur le problème du recrutement. Un rapport détaillé sur la situation de l'emploi des docteurs en physique est accessible sur le blog de H. Bartholin : http://physicistemployment.blogspot.com.

Un réseau de correspondants « jeunes » dans les sections régionales est en cours de constitution. Les nouveaux adhérents pourront contribuer à travers la SFP à des débats sur les problèmes de société concernant la physique (énergie, environnement,...), sur la politique de la recherche nationale et européenne, sur les problèmes de l'enseignement de la physique, sur les problèmes d'éthique.

Une campagne d'adhésion à prix réduit est mise en place : elle est décrite à la fin de cet éditorial. Puisque cet article sera plutôt lu par les membres « non jeunes » (désolé pour ce qualificatif, cher lecteur !...), nous vous incitons fortement à faire adhérer vos jeunes collaborateurs dans vos laboratoires. C'est vital pour la SFP : si notre société est assez puissante, elle pourra alors intervenir plus efficacement auprès des décideurs en faveur des moyens de la recherche et des carrières.

Roger Maynard

Vous êtes étudiants en physique, doctorants, ingénieurs, post-doctorants : devenez membres de la SFP !

- Vous serez tenus informés des progrès les plus récents de la physique de base et de ses applications, grâce à la revue « Reflets de la physique », qui remplacera le bulletin à partir d'octobre 2006.
- Vous bénéficierez de tarifs préférentiels pour l'inscription aux congrès, colloques, ateliers organisés par la SFP.
- Des espaces de communication vous sont réservés dans « Reflets de la physique » et sur le nouveau site de la SFP : www.sfpnet.fr

Une campagne de recrutement à la SFP pour 2007 et 2008 est ouverte, au **tarif exceptionnel** de :
10 euros pour un an et 18 euros pour 2 ans, abonnement inclus à « Reflets de la Physique » (voir p. 29).

Profitez-en !

Sommaire

En couverture : simulation numérique de la propagation de la lumière dans l'univers (page 7)

Éditorial La SFP et les « jeunes » physiciens et physiciennes 2

Le mot de la rédaction Pourquoi « Reflets de la physique » ? 4

Avancées de la recherche 5

Cisaillement gravitationnel et sondage de l'univers 5
Y. Mellier

Téramobile : un laser femtoseconde pour étudier l'atmosphère 10
G. Mejean, J. Kasparian, J.P. Wolf

Science et société 14

Paul Langevin (1872-1946) 14
J. Bok, C. Kounelis

Chercheurs et vulgarisation 17
M. Mashaal

La SFP entre Nord et Sud 19

Au sein et autour de la SFP 20

Vie de la SFP 20

Physique des plasmas 21

Quelques brèves 23

Débat sur la Loi de programme pour la recherche et sur l'ANR 24

Reflets de la physique et ses lecteurs 27

Regard sur le parcours de Salima Rafaï, une physicienne passionnée 27

Appel des cotisations SFP et abonnements pour 2007 29

Note de lecture 30

Courrier des lecteurs 31

Le Téramobile au Palais de la découverte 32

Comité de rédaction
Président : Jean-Pierre HULIN
Membres : Patricia BASSEREAU - Michel BELAKHOVSKY - Jacques CHOMILIER - Anne DAVAILLE - David GUÉRY-ODELIN - Étienne GUYON - Pascale HENNEQUIN - Amel KORICHI - Georges LANDA - Roland LEHOUCQ - Alain MILSZTAJN - Charles de NOVION - Évelyne ROUEFF - Claude SÉBENNE - José TEIXEIRA - Guy TREGLIA - Jean VANNIMENUS
Directeur de la publication : Jean VANNIMENUS
Rédacteur en chef : Charles de NOVION
Secrétaire de rédaction : Agathe CYMER
Graphistes-Maquettistes : Keith VILLEMEUR- Laetitia MORIN
dépôt légal 4e trimestre 2006 - Commission Paritaire 0310 G 86176 - ISSN en cours © SFP
Édité à 6000 exemplaires - IMP Blanchard, 92350 Le Plessis-Robinson - 01.41.07.97.97
Société française de physique, 33, rue Croulebarbe, 75013 Paris - Tél. 01.44.08.67.10. Fax : 01.44.08.67.19
e-Mail : sfp@sfpnet.org - Serveur : http://www.sfpnet.fr
SFP Bulletin, Institut Henri-Poincaré, 11, rue Pierre-et-Marie Curie, 75005 Paris
e-Mail : sfp-bulletin@ihp.jussieu.fr

Pourquoi « Reflets de la physique » ?

Enfin ! Certains collègues et amis me demandaient, encore récemment : « Mais le Bulletin n'a guère changé ! Où en êtes-vous ? Cela va t-il se faire ? » et nous leur répondions : « Patience ! » En fait, le travail s'est révélé un peu plus long que prévu et ce premier numéro de la nouvelle série, d'abord programmé pour juillet, a du être reporté à la rentrée (septembre-octobre 2006).

Pourquoi un nouveau Bulletin ? La SFP est d'abord partie d'un constat : à côté d'un site Internet qui traduit un changement considérable de la communication scientifique, donnant accès à une grande quantité d'informations avec une réactivité élevée et échappant à la régularité d'une publication bimestrielle, il est apparu qu'il était important de conserver une revue écrite, avec des articles et des rubriques plus soignées, approfondies et réfléchies. Mais cette revue devait être repensée, viser un public plus large et plus jeune, et donc se montrer plus attractive et moins austère.

Evidemment, nous conserverons des articles scientifiques destinés à un public de physiciens ; mais ils seront en moyenne plus courts et moins spécialisés qu'avant, avec une pédagogie plus travaillée. Et surtout, nous accorderons plus d'importance aux débats sur des problèmes de politique scientifique ou de science et société, à des interviews de jeunes chercheurs ou de personnalités scientifiques (ce que traduit déjà ce premier numéro) ; nous espérons susciter ainsi un « courrier des lecteurs » plus vivant. Un espace sera réservé aux jeunes physiciens.

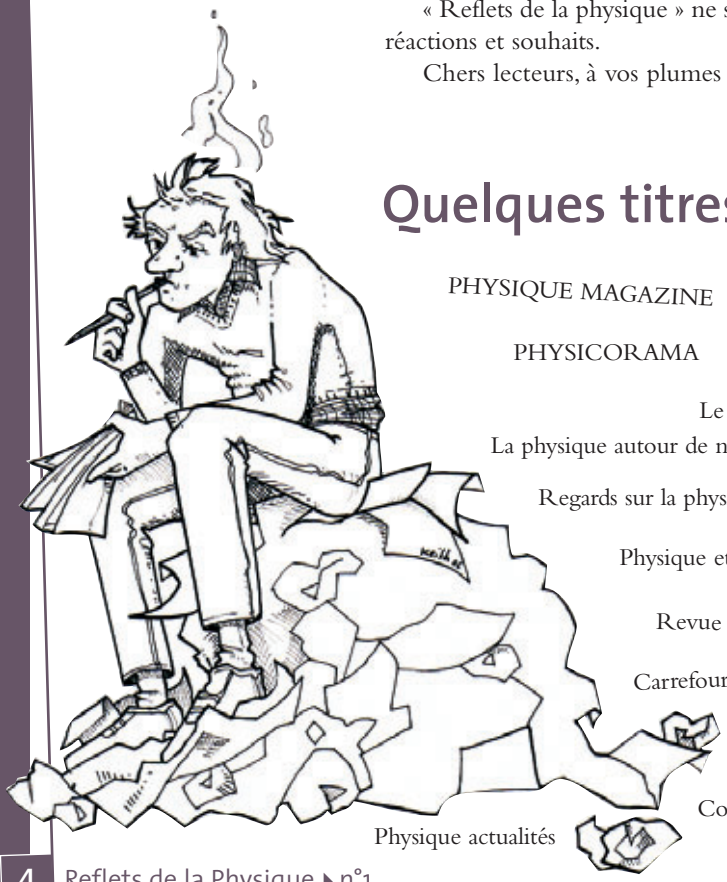
« Reflets de la physique », c'est évidemment un nouveau titre. Nous voulions une revue nettement plus tournée vers l'extérieur, qui ne soit pas seulement réservée aux membres de la SFP. Un nouveau titre, une numérotation qui repart du « 1 », c'est symbolique, c'est une renaissance ! Nous avons fait appel aux membres du Conseil d'administration de la SFP et à ceux du Comité de rédaction du Bulletin, pour une suggestion de nouveau titre. Il y a eu beaucoup de propositions, une soixantaine. Vous trouverez ci-dessous « quelques titres auxquels vous avez échappé ». Certains d'entre eux ont même donné lieu à des échanges assez vifs ! Finalement, parmi une sélection finale de quatre titres, c'est « Reflets de la physique » qui a été choisi. Notre ami Roland Lehoucq a particulièrement bien exprimé les raisons de ce choix : *« J'aime bien « Reflets de la physique » parce que le titre parle de physique deux fois (le reflet, c'est de l'optique donc de la physique) et que le reflet implique aussi dans le langage courant une possible déformation (miroir déformant) et une évanescence (reflet dans l'eau). Du point de vue éditorial, cela évoquerait un choix large de sujets (le pluriel du mot « reflets »), pas forcément exhaustif (déformation) et en changement perpétuel (comme le reflet sur l'eau mouvante). Bref, je vote pour. »*

« Reflets de la physique », c'est enfin une présentation nouvelle, réalisée grâce aux compétences et au sens artistique de Keith Villemeur et Laetitia Morin.

« Reflets de la physique » ne sera pas une formule figée, mais évoluera en fonction de vos remarques, réactions et souhaits.

Chers lecteurs, à vos plumes !

Charles de Novion



Quelques titres auxquels vous avez échappé...

PHYSIQUE MAGAZINE
AUJOURD'HUI, LA PHYSIQUE
Physique et société
PHYSICORAMA
Accès à la physique
Le monde de la physique
Défis de la physique
La physique autour de nous
Frontières de la physique
Enjeux de la physique
Regards sur la physique
Courrier de la physique
Essor de la physique
Physique et physicien-ne-s
Marche(s) de la physique
Aventures en physique
Revue de la Société française de physique
Physique Plus
Carrefours de la physique
Forces vives de la physique
Liens de la physique
Parler physique
Intermezzo de la Société française de physique
Partout la physique
Contacts de la physique
Les cahiers de la physique
Physique actualités

Cisaillement gravitationnel et sondage de l'Univers

Yannick Mellier
Institut d'Astrophysique de Paris et LERMA, CNRS UMR 8112, Observatoire de Paris
Lauréat du prix Jean Ricard 2005 de la SFP

L'effet de lentille gravitationnelle, responsable de la déflexion des rayons lumineux par la matière, engendre des effets de déformation apparente des objets célestes : le cisaillement gravitationnel.
Les déformations des galaxies nous révèlent la distribution de la matière projetée sur le ciel. Les cosmologistes savent aujourd'hui exploiter les caractéristiques de ces phénomènes pour reconstruire celles de l'univers et déterminer ainsi son contenu en matière noire et en énergie sombre.

Les lentilles gravitationnelles

La relativité générale proposée par Einstein en 1915 est une théorie de la gravitation dont la validité est aujourd'hui confortée par l'accord entre ses prédictions et tous les tests expérimentaux. La gravitation étant une interaction à longue portée, elle constitue la clef de voûte de notre description de l'Univers à grande échelle et sert de cadre général à l'interprétation des observations astronomiques. Une de ses prédictions les plus remarquables est la déflexion des rayons lumineux lorsqu'ils croisent des concentrations de matière au cours de leur propagation. Ce phénomène de "lentille gravitationnelle" illustre qu'en relativité générale les photons suivent des géodésiques d'un espace-temps courbe dont les déformations sont localement déterminées par les concentrations de matière. En modifiant la propagation des photons, les objets astronomiques nous apparaissent déplacés sur le ciel par rapport à leur position réelle, en l'absence de déflexion gravitationnelle (voir figure 1). La mesure de la déflexion de rayons lumineux des étoiles observées près du bord du Soleil lors de l'éclipse de 1919 compte parmi les succès historiques des prédictions d'Einstein.

C'était aussi une prouesse pour l'époque, car les déflexions gravitationnelles sont en général de très faible amplitude : environ une seconde d'arc pour une masse déflectrice comme le Soleil, moins de dix secondes d'arc pour une galaxie de 10^{11} masses solaires, et environ 30 secondes d'arc pour une structure comme un amas de galaxies de 10^{15} masses solaires. (À titre de comparaison, la taille angulaire de la Lune à la Pleine Lune est de 1800 secondes d'arc environ).

Les lentilles gravitationnelles sont caractérisées par la distance et la position apparente sur le ciel de l'objet défléchi (la source) et du déflecteur (la lentille). Lorsque la masse de la lentille est connue, l'ensemble définit une configuration d'optique gravitationnelle, un banc d'optique cosmique. Pour un objet déflecteur quasi-ponctuel, comme peut l'être une étoile, l'amplitude de l'angle de déflexion dépend de la masse totale contenue dans la lentille. Si la configuration peut être parfaitement décrite, la mesure de l'angle détermine directement la masse du déflecteur. Comme l'avait perçu l'astronome Fritz Zwicky dès les années 1930, c'est ici que se trouve l'intérêt astrophysique des lentilles gravitationnelles : elles peuvent nous servir de véritable balance cosmique, une sonde à distance permettant de mesurer la masse contenue dans les condensations de matière distribuées dans l'univers. Ce qui est remarquable, c'est que pour mesurer les masses il suffit de connaître les distances de la source et de la lentille ainsi que leurs positions apparentes sur le ciel. À aucun moment, l'état dynamique de la lentille ou les propriétés thermodynamiques des gaz la constituant n'interviennent. C'est un effet très pur, qui est parfaitement décrit par les équations de la relativité générale.

L'intuition de Fritz Zwicky fut confirmée au cours des trente dernières années, après la découverte du premier quasar à image multiple (1979), puis du premier arc gravitationnel (1987). Dans ces deux cas, les astronomes ont découvert des configurations spécifiques de lentilles gravitationnelles reflétant certaines de leurs remarquables propriétés : amplification de la lumière de la source, démultiplication de ses images, altération de sa forme apparente. Dans le cas du quasar multiple, la lentille gravitationnelle était une galaxie, alors que pour le premier arc gravitationnel, il s'agissait d'un amas de galaxies.

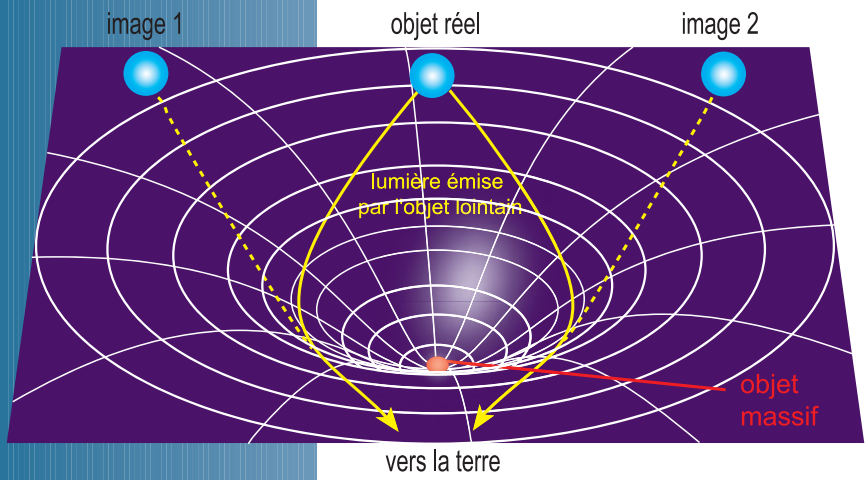


Figure 1. Géodésiques suivies par les photons dans un espace-temps courbe. Au centre se trouve une concentration de matière. L'espace-temps est localement altéré par ce champ gravitationnel. Les photons émis par l'objet d'arrière-plan sont défléchis et semblent provenir de deux images différentes. Cette figure illustre à la fois l'effet de déflexion des rayons lumineux et l'effet de démultiplication des images. (Redessiné à partir de la figure S3.19 tirée de "Cosmic perspective", Pearson, Addison Wesley).

Figure 2. Anneau d'Einstein quasi-parfait détecté par le télescope spatial Hubble. L'objet central est une galaxie et localise la lentille gravitationnelle responsable de la formation de l'anneau.

Les configurations de lentille gravitationnelle sont en général un peu plus complexes que celle décrite par une lentille ponctuelle. La distribution de la matière dans la lentille ainsi que la position relative de la source par rapport au centre du déflecteur, sa taille et sa forme intrinsèque interviennent aussi. Lorsque la distance apparente entre la source et le déflecteur croît, l'amplitude de l'effet décroît. Lorsque la source est étendue, la position relative de chacun de ses éléments vis à vis du centre du déflecteur est différente, ce qui induit des déflexions différentielles altérant la forme initiale de la source. Dans une configuration idéale où l'observateur, le déflecteur et la source seraient parfaitement alignés, l'image de la source est transformée en anneau parfait centré sur le déflecteur, c'est un "anneau d'Einstein" (voir figure 2 et encadré page 9). Si l'on déplaçait alors légèrement la source hors de l'axe, la symétrie serait brisée et l'anneau se transformerait en "arc gravitationnel". Ces configurations, qui forment des images astronomiques spectaculaires, ont toutes été observées. Elles constituent des cas d'école qui valident les prédictions théoriques de "l'optique gravitationnelle" et qui fournissent aux astrophysiciens des cas quasi-idéaux de balance cosmique.

Voir la matière invisible

Si la découverte du premier quasar multiple fut une vérification des prédictions de l'optique gravitationnelle de la relativité générale, les arcs gravitationnels découverts dans les amas de galaxies ont véritablement hissé les lentilles gravitationnelles du rang de phénomène astronomique à celui d'outil d'exploration et de diagnostic pour l'astrophysique extragalactique et la cosmologie. Ils ont montré que, grâce aux déformations gravitationnelles des galaxies lointaines, il devient désormais possible de reconstruire la distribution de masse d'objets astronomiques aussi complexes que les amas de galaxies.

Les amas de galaxies sont des structures gigantesques composées de milliers de galaxies confinées dans un volume de quelques millions d'années-lumière de diamètre et qui baignent dans un gaz ionisé très chaud (quelques centaines de millions de degrés). Ce gaz est révélé par sa forte émission de rayons X. En supposant que ces systèmes sont stationnaires et stabilisés, il est facile de montrer que ce confinement n'est possible que si la masse totale des amas de galaxies atteint 10^{15} masses solaires, soit plus de cent fois la masse correspondant aux objets détectés par leur rayonnement électromagnétique, les étoiles ou le gaz. Cet écart considérable signifie que non seulement l'essentiel de la masse des amas de galaxies n'est pas visible, mais aussi qu'il y a dix fois plus de masse dans les amas que dans les galaxies qui les composent, et enfin que cette matière ne peut pas être baryonique (c'est-à-dire être faite de nucléons).

Ces implications sont difficiles à accepter sans au préalable mettre en doute l'interprétation des données elles-mêmes. Peut être que les amas de galaxies ne sont pas stationnaires, que l'état thermodynamique de leurs composantes (galaxies, gaz chaud) est mal compris, ou que la forme générale de leur potentiel gravitationnel est complexe et s'écarte fortement d'un cas idéal, sphérique. Pendant plus de cinquante ans, les astrophysiciens sont donc restés perplexes.

Figure 3. Une illustration de la multitude des effets de déformation gravitationnelle induits par un seul amas de galaxies : Abell 1689. Les objets les plus étendus et brillants de ces images sont des galaxies appartenant physiquement à l'amas de galaxies. Chaque cadre est un zoom de différents secteurs du même amas de galaxies observé par le télescope spatial Hubble. On y distingue une incroyable quantité d'arcs gravitationnels. La plupart des petits arcs sont des images de sources différentes, les arcs les plus grands étant en général composés de plusieurs images de la même source.

La découverte de l'arc gravitationnel dans l'amas de galaxies Abell 370, il y a exactement 20 ans, a permis de franchir une étape décisive. En effet, puisque le phénomène ne dépend que de la quantité de matière localisée dans le déflecteur, la mesure de la position de l'arc relativement au centre de l'amas de galaxie permet de déterminer directement sa masse. Il a ainsi été possible de vérifier avec une quasi-certitude qu'effectivement les amas de galaxies sont totalement dominés par une matière invisible, dix fois plus abondante que dans les galaxies, et qui maintient le confinement gravitationnel. C'est un résultat particulièrement important et, à l'époque, sans doute la preuve la plus solide que la matière noire doit dominer le contenu matériel de l'Univers et doit être de nature non baryonique.

Plus d'une quarantaine d'amas de galaxies présentant des arcs gravitationnels ont été répertoriés depuis lors. L'optique gravitationnelle appliquée cas par cas confirme systématiquement les conclusions des premières découvertes. Cependant, il y a quelques restrictions limitant leur portée astrophysique. Ces phénomènes sont en effet des cas exceptionnels produits dans des configurations optiques idéales où la source et le déflecteur se trouvent quasi-alignés avec l'observateur. Ce sont donc des événements rares, puisque nous savons que plus de 100 000 amas de galaxies sont observables avec les moyens d'observation astronomique actuels. De plus, les arcs gravitationnels nous renseignent précisément, mais uniquement, sur la quantité de matière projetée le long de la ligne de visée et contenue dans un double cône dont la section est dessinée par l'image de l'arc et les sommets sont la galaxie lointaine d'une part et l'observateur d'autre part. Mais fort heureusement, il y a des milliards de galaxies lointaines observables. Dans un angle solide correspondant à la dimension apparente de la Lune, les télescopes actuels peuvent observer plus de 50 000 galaxies. Or, un amas de galaxies comme Abell 370 couvre une dimension angulaire d'environ le quart de celle de la Lune. Il y a donc potentiellement plusieurs milliers de galaxies qui subissent, à des degrés divers, le champ gravitationnel de ce déflecteur (voir figure 3).

Sans produire pour chacune un arc spectaculaire, l'amas de galaxies déforme pourtant chacune d'elles d'une amplitude qui dépend d'une part de sa position vis à vis du centre de la lentille et d'autre part de la façon dont la matière est distribuée dans l'amas. Une source de forme circulaire sera ainsi étirée selon une direction bien spécifique, perpendiculaire à la direction du gradient du champ gravitationnel du déflecteur. L'amplitude et l'orientation des déformations des galaxies d'arrière-plan ne sont donc pas aléatoires, et elles sont fortement corrélées. Une analyse statistique permet ainsi de reconstruire le profil de la distribution de masse du déflecteur, en produisant une cartographie des « distorsions gravitationnelles » qui répond à celle de la distribution de la matière noire. Cette matière noire peut donc être « vue », comme la limaille de fer sur une feuille de papier « voit » le champ magnétique d'un aimant placé au-dessous. La résolution de la cartographie est déterminée par la densité de galaxies d'arrière-plan : plus une observation astronomique est profonde (c'est-à-dire vise des objets lointains), plus la densité de galaxies projetée sur le ciel augmente. Les télescopes actuels atteignent de telles profondeurs que les détails de la distribution de matière dans les amas de galaxies sont identifiés jusqu'aux échelles des galaxies individuelles qui chacune joue le rôle d'une perturbation locale au champ global du déflecteur.

Distorsion gravitationnelle et cosmologie

Grâce à l'analyse statistique des déformations gravitationnelles, on peut en principe explorer tous les amas de galaxies visibles dans l'univers observable et établir des diagnostics statistiques sur ces structures. Cependant, la matière n'est pas uniquement distribuée dans les amas de galaxies. Elle se confine aussi dans des systèmes plus compacts comme des groupes physiques de quelques galaxies, ou dans des structures plus ténues et irrégulières et constituées de dizaines de milliers de galaxies, ou bien de gigantesques filaments dont les dimensions dépassent plusieurs centaines de millions d'années-lumière.

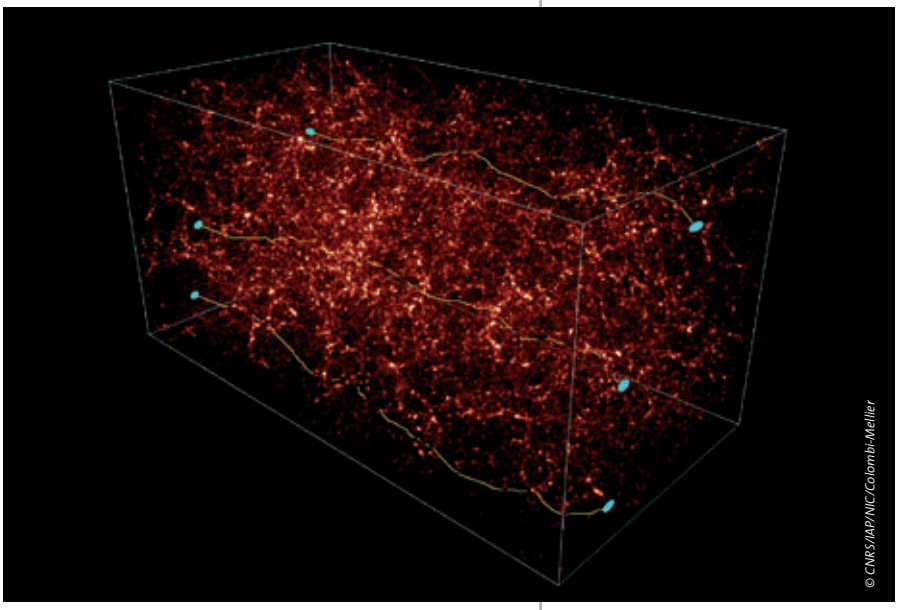


Figure 4. Illustration de la propagation de la lumière dans l'Univers et des déflexions gravitationnelles multiples qu'induit chaque condensation. La boîte est une simulation numérique de l'Univers. Sa taille est d'environ 1 milliard d'années lumière de côté.
Au départ, des particules de matière noire sont disposées de façon aléatoire. Puis, des fluctuations croissent et amorcent la formation des structures sous l'effet de la gravitation. L'amplitude et le taux de croissance dépendent du taux d'expansion de l'univers et de son contenu en matière-énergie. Au bout de plusieurs heures de calcul, les simulations numériques restituent ces univers virtuels dont les propriétés sont comparées à celles de l'univers observé.
Les structures rouges et blanches montrent la distribution de matière noire. Plus elles sont claires, plus la structure est dense. On remarque la structuration très filamentaire de l'Univers aux grandes échelles, alors qu'elle semble plus contrastée et compacte à petite échelle. C'est une structuration caractéristique d'un univers dominé par de la matière noire froide. Les lignes jaunes illustrent les géodésiques que suivent les photons et qui sont déformées par les condensations locales de matière. Les ellipses bleues illustrent la forme des galaxies depuis l'émission de la lumière à gauche jusqu'à leur réception sur le télescope à droite. Leur élongation et leur orientation apparente ont été modifiées sous les effets cumulés de toutes les déflexions gravitationnelles.

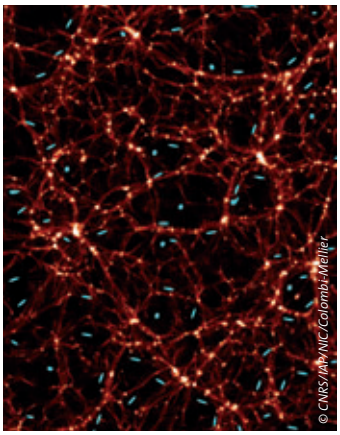
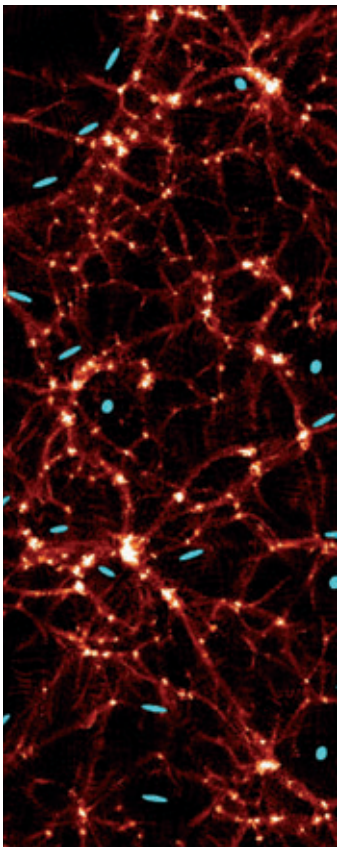


Figure 5. Projection sur le ciel de la simulation montrée sur l'image précédente. La carte montre ce que verrait un observateur avec son télescope : des galaxies dont les ellipticités ne sont plus distribuées aléatoirement, mais dont les orientations et les ellipticités sont corrélées avec la distribution de la matière noire projetée sur le ciel. L'analyse des distorsions gravitationnelles cosmologiques conduite avec le grand relevé CFHTLS permet de reconstruire l'invisible, c'est-à-dire les fluctuations de densité que l'on voit sur cette carte.



L'ensemble de ces fluctuations de densité couvre un spectre très vaste en dimension et en contraste. Elles résultent de fluctuations initiales qui furent progressivement amplifiées sous l'effet de la gravité au cours de l'histoire de l'expansion de l'Univers. L'histoire de la formation des structures et la structuration actuelle de l'Univers sont déterminées à la fois par son contenu en matière, mais aussi par son contenu en énergie. Or, nous savons grâce aux observations des supernovae que l'Univers ne contient pas uniquement de la matière noire répartie dans les structures mais aussi une composante plus homogène, l'énergie noire, qui est responsable de l'accélération actuelle de son expansion. Tout comme la matière noire, la nature de cette énergie noire est totalement inconnue. On évoque plus singulièrement une constante cosmologique comme étant sa nature probable, mais actuellement on ne peut exclure d'autres hypothèses. L'identification de cette énergie noire est un des enjeux les plus fascinants de la physique fondamentale.

Une des options possibles pour caractériser l'énergie noire est d'adopter une attitude minimaliste, même si elle est incomplète, en supposant que cette composante se comporte comme un fluide parfait. Comme tout indique que notre univers est homogène et isotrope à très grande échelle, cette hypothèse est somme toute plutôt raisonnable. Dans ce cas, l'équation d'état reliant sa pression P à sa densité d'énergie ρ peut s'écrire sous la forme $P = w \rho$, comme celle de la matière noire ordinaire ($w = 0$) ou celle des photons ($w = 1/3$). Pour l'énergie noire, l'éventail des valeurs de ce paramètre est assez vaste et il pourrait même évoluer au cours du temps. S'il s'agit cependant d'une constante cosmologique, alors w vaut -1 et est constant. S'il s'agissait par contre d'une composante de type cordes cosmiques, alors on aurait $w = -1/3$. Dans tous les cas, la distribution des fluctuations de densité, caractérisée par le champ de distorsion gravitationnelle, sera différente suivant la valeur de w.

Tout comme la matière noire, certaines de ces propriétés peuvent donc être décryptées au travers du spectre de fluctuations tracé directement par les effets de distorsion gravitationnelle. Mais contrairement à l'étude d'un amas de galaxies, il faut cette fois analyser les déformations gravitationnelles accumulées par toutes les structures traversées le long d'une ligne de visée, puis conduire l'analyse sur une très vaste partie du ciel pour explorer les fluctuations à chaque échelle et reconstruire le spectre complet de densité. Une fois recomposé, il est alors comparé aux prédictions théoriques d'une panoplie de scenarii cosmologiques. La grande force de l'approche est profondément liée au fait que l'effet de lentille gravitationnelle s'applique à toutes déformations de l'espace courbe, indépendamment de la nature de la lentille ou de sa taille. La cartographie à grande échelle des déformations gravitationnelles peut donc être directement interprétée comme une vision du spectre de fluctuations.

L'observation des distorsions gravitationnelles cosmologiques

La mesure des distorsions gravitationnelles sur des échelles cosmologiques présente quelques difficultés techniques. Elle demande une analyse précise des formes des galaxies, car les déformations induites par les structures sont de plus en plus faibles lorsque leur dimension augmente. Or les formes observées par les télescopes sont aussi altérées par la turbulence et la réfraction atmosphériques, puis par les aberrations optiques des instruments. L'amplitude de ces contaminations dépasse d'un ordre de grandeur les effets gravitationnels et leur correction est particulièrement difficile. De plus, pour explorer un vaste domaine d'échelle, il faut aussi observer des millions de galaxies sur d'immenses étendues du ciel.

Pour atteindre ces objectifs, un imposant projet est en cours sur le Télescope Canada-France-Hawaii (CFHT). Il a commencé par une phase préliminaire entre 1999 et 2003 au cours de laquelle une petite portion du ciel (10 deg^2) fut observée en détail, au CFHT (le projet VIRMOS-DESCART) et au Very Large Telescope VLT de l'European Southern Observatory (ESO). Ces données ont permis de détecter pour la première fois les effets de distorsions gravitationnelles cosmologiques. Le principe de la méthode, ainsi que les outils d'analyse et d'interprétation, jusqu'à la mesure du spectre de fluctuations de densité, ont ainsi pu être validés. L'amplitude et la forme du signal étaient exactement celles prédites par le modèle cosmologique où les structures se forment suite à des instabilités conduisant à leur effondrement sous l'effet de l'accrétion gravitationnelle.

Mais c'est avec le grand relevé Canada-France-Hawaii Legacy Survey (CFHTLS) que le projet prend toute sa dimension. En 2002, le CNRS et le CNRC canadien ont joint leurs efforts pour accorder 500 nuits d'observation au CFHT à ce formidable programme. Elles ont tout d'abord financé un programme de rénovation du foyer primaire du télescope (MegaPrime), et le CEA/DAPNIA a mis au point la plus grande caméra CCD panoramique au monde (MegaCam). Cette caméra est composée

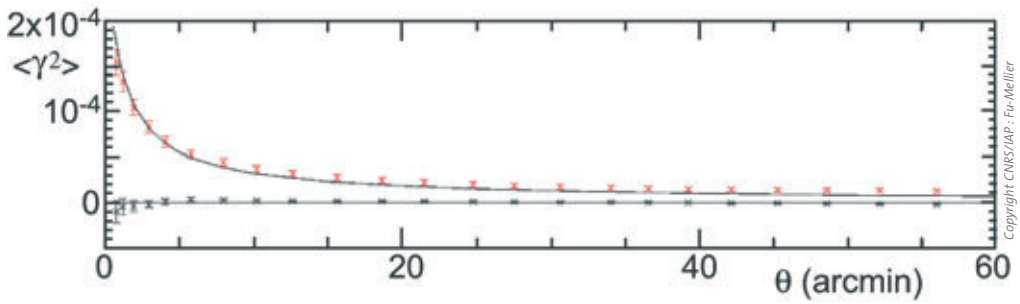


Figure 6. Mesure du cisaillement gravitationnel cosmologique obtenue avec le grand relevé CFHTLS. En abscisse sont portées les échelles angulaires, en ordonnée l'amplitude de l'excès d'ellipticité des galaxies induit par les effets de lentille gravitationnelle. Les points rouges sont les résultats des mesures. Les points noirs sont les résidus d'effets systématiques. La courbe noire est la prédiction du scénario cosmologique avec la valeur de la constante cosmologique déterminée grâce aux observations des supernovae. Il ne s'agit pas d'un ajustement, mais simplement d'une superposition. La compatibilité est saisissante. On imagine la précision espérée à la fin du relevé, alors que cette figure est construite avec 15% des données seulement.

d'une mosaïque de 36 CCDs produisant des images de 18000 x 18000 pixels et couvrant à chaque pose un champ grand comme quatre fois celui de la Pleine Lune. Les observations ont commencé en 2003. Les images produites par le CFHT sont ensuite traitées au centre de Traitement Terapix localisé à l'Institut d'Astrophysique de Paris. L'ensemble du projet porte sur plus de 100 Tera-octets d'images accumulées au cours des années 2003 à 2008. Un grand programme franco-canadien d'analyse du cisaillement gravitationnel cosmologique a été mis en place pour couvrir 170 deg^2 du ciel. Il est opérationnel et les premières images accumulées au cours de la période 2003-2004, portant sur environ 15% des données, ont déjà permis de mesurer le spectre de fluctuations de densité avec une qualité et une précision supérieures à toutes les analyses précédentes (voir figure 6).

Le spectre mesuré a été comparé aux scenarii cosmologiques et montre une remarquable similitude avec celui prédit pour un univers dominé par de la matière noire froide où les structures se forment par effondrement gravitationnel et, plus remarquable encore, où l'énergie du vide aurait des propriétés proches de celles d'une constante cosmologique. Les analyses détaillées avec les données les plus récentes sont en cours et devraient s'achever fin 2008 avec la reconstruction du spectre de fluctuations de densité, depuis les échelles galactiques jusqu'à celles des grands filaments. A partir de ce sondage, il sera alors possible de construire une carte de la matière noire projetée sur le ciel, comme il existe aujourd'hui des cartes montrant la distribution des galaxies, et d'y mesurer les propriétés de la matière noire et celles de l'énergie noire avec une précision de 5 à 10%. ■

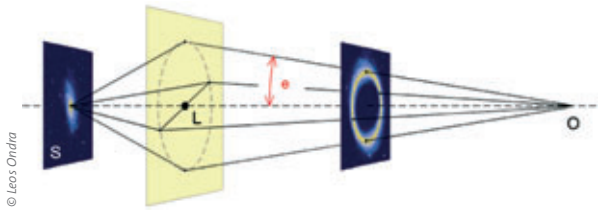
Un exemple de lentille gravitationnelle : l'anneau d'Einstein

En relativité générale, une masse ponctuelle M défléchit un rayon lumineux – ou toute autre onde électromagnétique - passant à une distance d par un angle $\alpha = 4GM / c^2 d$, et ceci indépendamment de la longueur d'onde du rayonnement (ici, G est la constante de gravitation de Newton et c la vitesse de la lumière).

Dans le cas idéal d'un amas de galaxies dont la distribution de masse est à symétrie sphérique, si le centre de celui-ci est aligné sur la droite joignant la galaxie-source à l'observateur terrestre, l'image vue est un anneau (voir figure) dont le rayon angulaire vaut :

$e = [(4GM / c^2). (1-x) / Dx]^{1/2}$, où D est la distance de l'observateur à la source, Dx celle à la lentille et M la masse de la lentille. Ce cas a été calculé par Einstein dès 1912, mais il ne le publia qu'en 1936. Entre temps, le phénomène avait également été décrit séparément par Chwolson et Eddington vers 1920. Sa première observation est bien plus récente (années 1990).

Si l'on est capable de mesurer les distances D et Dx (par l'intermédiaire du décalage spectral de la source et de la lentille), la mesure du rayon de l'anneau fournit ainsi la masse M. Par exemple, pour une source très lointaine (x << 1) et un amas situé à 200 mégaparsecs (650 millions d'années lumière), un rayon de l'anneau de 20 secondes d'arc correspond à une masse de 10^{13} fois celle du Soleil.



© Leos Ondra

S : source
L : lentille
O : observateur

Bibliographie

A. Bouquet et E. Monnier, *« Matière noire et autres cachotteries de l'Univers »*, Dunod, collection Quai des Sciences, Paris (2003).

G. Soucail et al, *(découverte du premier arc gravitationnel)*, Astronomy & Astrophysics, 172 (1987), L14.

D. Walsh et al, *(découverte du premier quasar à arc multiple)*, Nature, 279 (1979), 381.

F. Bernardeau, *« Les mirages de la gravitation »*, Pour la science, 326 (2004), 84.

F. Bernardeau, Y. Mellier, *« Les distorsions gravitationnelles pour cartographier l'univers »*, Images de la physique 2003-2004, Editions du CNRS, Paris (2004), pp. 42-51.

Y. Mellier, *« Probing the Universe with Weak Lensing »*, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 37 (1999) 127.

A. Refrégier, *« Weak gravitational lensing by large-scale structure »*, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 41 (2003) 645.

L. van Waerbeke, Y. Mellier *« Cosmic Shear on distant Galaxies »*, dans *« Impact of gravitational Lensing on Cosmology »*, IAU Symposium 225, Y. Mellier et G. Meylan eds, Cambridge University Press (2005).

Téramobile : un laser femtoseconde pour étudier l'atmosphère

Guillaume Méjean[1], Jérôme Kasparian, Jean-Pierre Wolf
Téramobile, LASIM UMR CNRS 5579, Université Lyon 1, 69622 Villeurbanne Cedex,
[1] Lauréat du prix "Jeune Chercheur" St Gobain 2005 de la SFP

L'avènement des lasers femtoseconde Térawatts a ouvert de nouvelles perspectives quant à l'utilisation des lasers pour sonder l'atmosphère. En particulier, le mode de propagation sous forme de filaments, comparable à un « laser blanc », a permis le développement du LIDAR à lumière blanche dans le cadre de la collaboration Téramobile. Un autre volet d'applications réside dans l'utilisation de la colonne de plasma générée au sein des filaments, qui est plus conductrice que l'air, pour déclencher et guider la foudre.

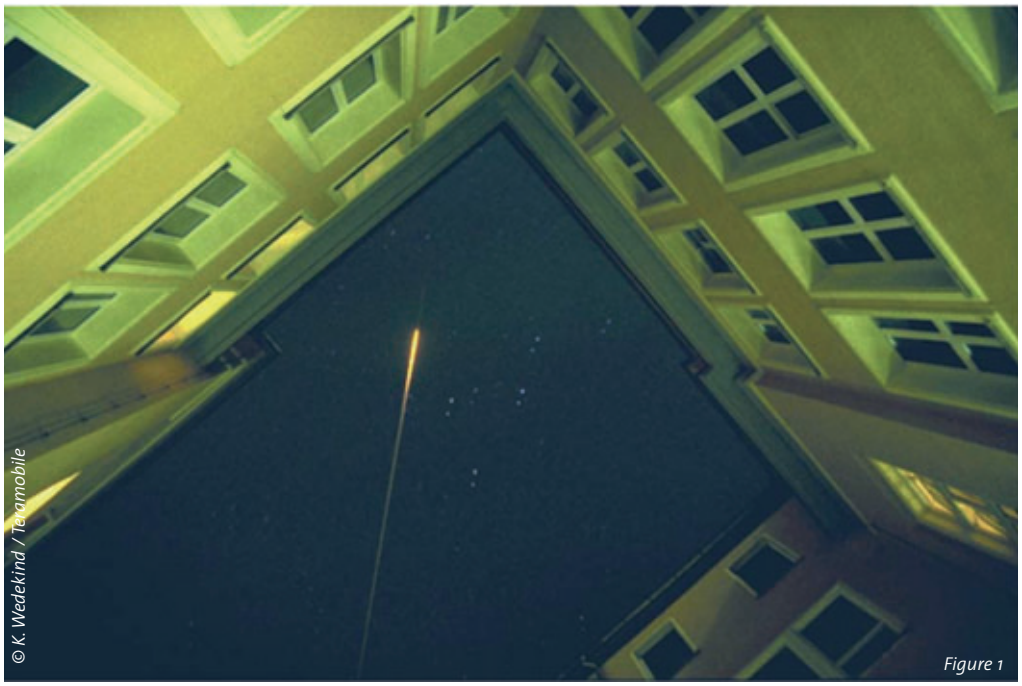


Figure 1

Figure 1. Filament de lumière blanche généré dans l'atmosphère par un laser infrarouge ultrabref

Introduction

La caractérisation à distance de l'atmosphère est nécessaire pour déterminer sa composition chimique et pour étudier les processus dynamiques comme le réchauffement global, le trou d'ozone, la pollution urbaine ou les prévisions météorologiques. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR, pour Fourier-Transform InfraRed spectroscopy) ou la spectroscopie optique d'absorption différentielle (DOAS, Differential Optical Absorption Spectroscopy) mesurent les concentrations de vastes groupes de constituants atmosphériques, en utilisant l'absorption de la lumière du soleil ou de la lune sur son chemin à travers l'atmosphère [1]. Mais ce chemin est fixé par la position de la source lumineuse utilisée. Au contraire, le LIDAR (LIght Detection And Ranging, un analogue optique du radar, voir encadré p.11) utilise la rétrodiffusion par l'air de la lumière émise par un laser impulsionnel [1]. Le rayon laser pouvant être orienté, il n'a pas un chemin prédéterminé, ce qui lui permet de fournir des cartes tridimensionnelles de concentration de l'atmosphère en traces de gaz (NO, NO_2, SO_2, benzène, toluène, ozone…) ou d'aérosols (comme les suies issues de combustion ou du trafic automobile, ou les nuages stratosphériques polaires impliqués dans la destruction de la couche d'ozone). Cependant, le LIDAR est généralement limité à la mesure d'une espèce à la fois.

La technique de mesure idéale combinerait le large spectre du DOAS et du FTIR, avec la résolution spatiale du LIDAR. Elle permettrait par ailleurs une mesure à distance des aérosols, naturels ou artificiels, sans l'apport d'informations extérieures provenant de ballons sondes, ou d'hypothèses *a priori* sur l'atmosphère, contrairement aux techniques actuelles.

La génération de lumière blanche [2,3], issue de la propagation d'un laser femtoseconde focalisé, semble être l'outil idéal. En effet, des progrès récents dans le domaine des lasers ultrabrefs ont montré que la « filamentation » (définie ci-dessous) des impulsions laser de forte puissance peut créer des régions de très forte intensité à de grandes distances. Ce processus apparaît lorsque la puissance du faisceau atteint ou dépasse une puissance dite *puissance critique* ($P_{crit} = (1{,}22\ \lambda)^2 / 12{,}8\ n_2$, soit quelques GW dans l'air), n_2 représentant l'indice non linéaire de l'air (c'est-à-dire le facteur défini de manière à ce que l'indice de l'air s'écrive $n = n_0+n_2I$, I étant l'intensité incidente). Le profil transverse d'intensité du faisceau est quasi-gaussien ; il en est donc de même du profil d'indice.

Le chemin optique à parcourir est donc plus long au centre de l'impulsion que sur ses bords. Le faisceau crée ainsi sa propre lentille convergente, dite lentille de Kerr, qui focalise le faisceau sur son axe. C'est ce qu'on appelle l'auto-focalisation par effet Kerr. En raison de cette auto-focalisation, l'intensité augmente jusqu'à générer un plasma. Le plasma contribue négativement à l'indice de réfraction, ce qui conduit à un équilibre entre l'effet Kerr qui focalise le faisceau et le plasma ainsi que la diffraction naturelle qui le défocalisent. Il se crée ainsi des structures autoguidées qu'on appelle *filaments*. Ces filaments peuvent se propager sur des distances pouvant dépasser la centaine de mètres, soit plusieurs ordres de grandeur au-delà de la distance de Rayleigh, distance pour laquelle le profil transverse d'un faisceau se propageant linéairement est affecté par la diffraction.

Un analogue de l'effet Kerr se manifeste aussi dans l'espace temporel. En effet, l'indice de réfraction non-linéaire dans les ailes de l'impulsion (au début et à la fin de l'impulsion), où l'intensité est plus faible, n'est pas le même qu'au sommet de l'impulsion où l'intensité est grande. Il se produit alors un déphasage dépendant du temps : l'automodulation de phase (en anglais *self phase modulation*, ou SPM). La valeur instantanée de la pulsation de l'impulsion étant égale à la dérivée de la phase, cela se traduit par la génération de nouvelles fréquences ω sur le front montant ($\Delta\omega < 0$) et sur le front descendant ($\Delta\omega > 0$) de l'impulsion, comme le traduisent les équations ci-dessous écrites dans le référentiel attaché à l'impulsion, où ϕ représente la phase de l'impulsion, $\Delta\omega$ la pulsation propre de l'impulsion, c la vitesse de la lumière et z l'axe de propagation :

$$\phi(t) = \omega_0 t - z.\omega_0/c\ .n(t) = \omega_0 t - z.\omega_0/c\ .(n_0 - n_2\, I(t))$$

$$\omega(t) = d\phi/dt = \omega_0 - z.\omega_0/c\ .n_2.\ dI/dt$$

La haute intensité dans les filaments (4 à 6 x 10^{13} W/cm^2) génère une importante automodulation de phase et donc un large continuum de lumière blanche s'étendant de 230 nm à 4,5 µm. Cette émission cohérente de lumière blanche est clairement visible à l'œil nu (voir figure 1) [2], bien que le laser utilisé émette dans l'infrarouge, et est émise essentiellement vers l'avant ; mais une part significative en est également émise vers l'arrière, ce qui est particulièrement favorable au LIDAR.

Ce nouveau mode de propagation non-linéaire et ses perspectives d'applications à la télédétection atmosphérique sont à l'origine du projet *Téramobile* [4,5]. Ce projet franco-allemand, cofinancé par le CNRS et la DFG[1], vise en particulier à démontrer la faisabilité d'un LIDAR multi-composants basé sur des impulsions laser ultrabrèves, pour la mesure tant des polluants gazeux que des aérosols atmosphériques. Le but est d'utiliser la propagation hautement non-linéaire de ce type de laser pour, soit utiliser le laser « blanc » pour un lidar à lumière blanche, soit délivrer des hautes intensités à distance de manière à induire *in situ* des effets non linéaires. Par ailleurs, le plasma généré dans les filaments pourrait permettre de déclencher et de guider la foudre.

A cet effet, la collaboration Téramobile a développé le premier laser Térawatt mobile. Il fournit des impulsions de 350 mJ en 70 femtosecondes, soit une puissance crête de 5 TW, à une longueur d'onde de 800 nm et à un taux de répétition de 10 Hz [6]. Outre le laser et sa suspension mécanique, le conteneur contient un laboratoire d'optique complet, y compris le conditionnement d'air, les alimentations électriques et un système de détection LIDAR.

Les filaments permettent de délivrer des hautes intensités à distance de manière à induire des effets non linéaires in situ.

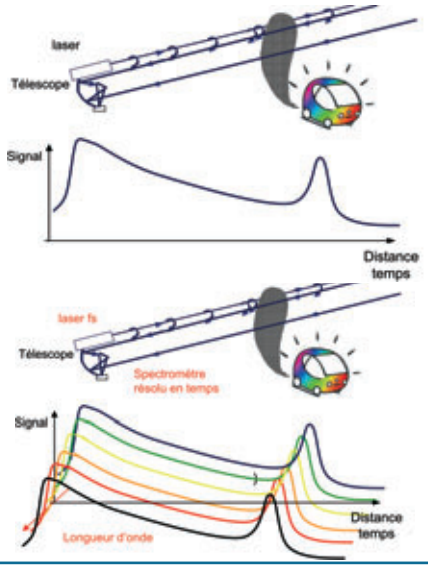
(1) Deutschen ForschungsGemeinschaft : organisme de financement de la recherche publique et universitaire en Allemagne.

Le LIDAR

La technique LIDAR consiste à envoyer des impulsions lasers dans l'atmosphère et à mesurer au niveau du laser la lumière rétrodiffusée en fonction du temps. Le faisceau laser, au cours de sa propagation, est absorbé et diffusé par les gaz et les aérosols de l'atmosphère. Une partie de cette lumière est rétrodiffusée vers l'émetteur. Pour collecter cette lumière, un télescope est placé colinéairement au laser et un détecteur avec une résolution temporelle est placé au foyer du télescope.

L'intérêt de cette technique est qu'elle est résolue spatialement grâce au temps de parcours de la lumière. L'intensité lumineuse rétrodiffusée I(z) nous renseigne sur la composition de l'atmosphère à la distance z du laser.

Le LIDAR à lumière blanche utilise toutes les longueurs d'onde disponibles dans le spectre d'un faisceau laser térawatt femtoseconde, grâce à la génération de lumière blanche. À cet effet, il faut déterminer le signal rétrodiffusé en fonction du temps comme pour le LIDAR classique, mais aussi en fonction de la longueur d'onde. Le détecteur résolu en temps d'un LIDAR classique (un photomultiplicateur) est donc remplacé par un spectrophotomètre résolu en temps (spectromètre suivi d'un photomultiplicateur). Une autre variante du LIDAR est d'induire des effets non-linéaires à distance sur des cibles à détecter et de les identifier, en profitant de la capacité des filaments à transporter de hautes intensités à distance.



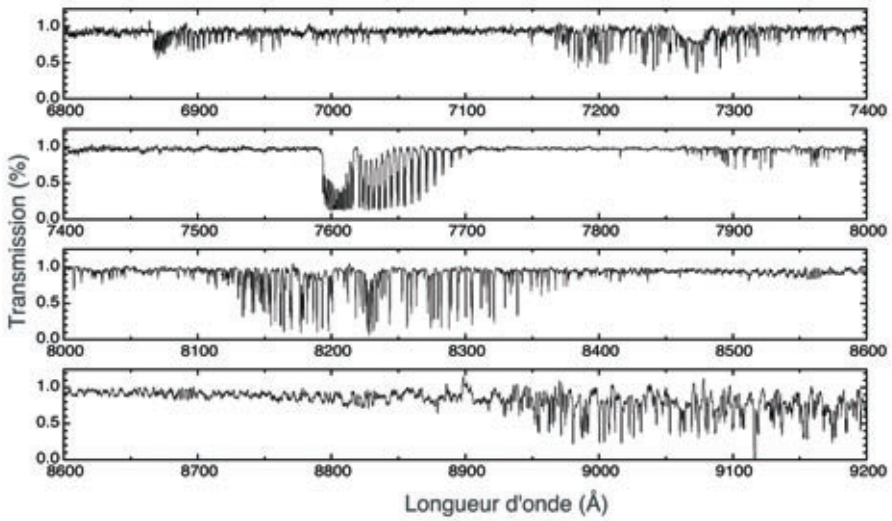


Figure 2. Spectre large bande à haute résolution de la transmission atmosphérique mesurée par LIDAR à lumière blanche. On y reconnaît les bandes d'absorption de l'oxygène (687-696 et 759-770 nm) et de la vapeur d'eau (716-732, 811-853 et 893-925 nm). Ces absorptions permettent de déterminer la température et l'humidité de l'air, donc son humidité relative.

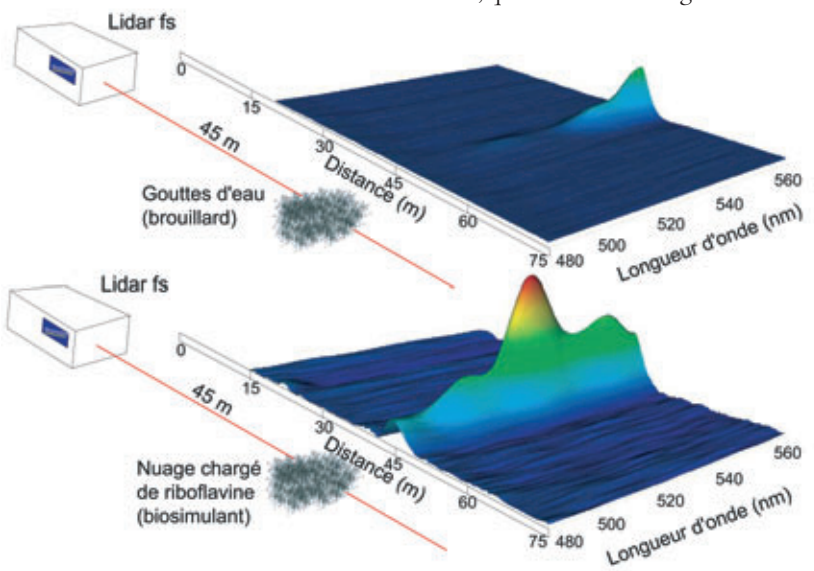
Lidar multiparamètres à lumière blanche

La possibilité de réaliser des mesures LIDAR à haute résolution sur une large bande spectrale est illustrée par la figure 2. A l'aide d'un télescope astronomique situé à proximité du laser, on mesure la transmission atmosphérique du faisceau rétrodiffusé par la base d'un nuage à 4,5 km de distance[2]. On y reconnaît la signature spectrale à haute résolution (0,01 nm) de l'atmosphère sur ce chemin d'absorption exceptionnellement long. Dans cette région spectrale, les principales bandes d'absorption observées sont celles de l'oxygène (687-696 et 759-770 nm) et de la vapeur d'eau (716-732, 811-853 et 893-925 nm). Des simulations basées sur la base de données HITRAN [7] reproduisent parfaitement ce spectre. Ces simulations ont pour paramètres libres d'une part la température et sa variation avec l'altitude, qui fait varier la largeur des raies des bandes de l'oxygène, et d'autre part la teneur en vapeur d'eau, qui modifie l'absorption des raies de l'eau. Ceci permet de déterminer simultanément ces deux paramètres atmosphériques, et par conséquent d'en déduire un profil avec l'altitude de température et d'humidité relative, données précieuses pour la météorologie autant que pour la climatologie.

Parallèlement, la mesure du profil du halo rétrodiffusé par le nuage permet de caractériser la diffusion multiple du faisceau dans le nuage et de déterminer ainsi la distribution de taille des gouttes d'eau qui le constituent ; ceci ouvre la voie vers une caractérisation simultanée des nuages et des conditions thermodynamiques à leur voisinage : ces données permettront de mieux caractériser la formation des nuages et la croissance des gouttes d'eau en leur sein.

(2) Le filament créé à la base du nuage peut être considéré comme la source de lumière blanche.

Figure 3. Télédétection d'aérosols biologiques. Un nuage d'eau (en haut) ne produit pas de fluorescence, contrairement à un simulant biologique (en bas). Cette fluorescence, détectée en fonction de la distance et de la longueur d'onde, permet d'identifier et de localiser le nuage potentiellement dangereux.



Télédétection d'aérosols biologiques par Lidar non-linéaire

Les aérosols sont un élément clé de la pollution atmosphérique. Ils peuvent par exemple agir comme des catalyseurs pour des réactions chimiques hétérogènes, ou comme des vecteurs pour apporter dans les bronches des espèces cancérigènes adsorbées à leur surface. Plus récemment, la menace d'attaques terroristes a soulevé le besoin d'un système d'alerte capable de détecter sélectivement à distance des aérosols biologiques. Mais la diversité des aérosols en taille, forme et composition complique leur identification à distance. Un LIDAR multispectral peut déterminer la concentration, la taille des particules et leur indice de réfraction, mais les techniques d'inversion nécessitent des connaissances (ou des hypothèses) *a priori* sur les aérosols à mesurer. De plus, aucune technique à ce jour ne permet une analyse chimique à distance des aérosols. La forte puissance crête des impulsions femtoseconde offre l'opportunité d'arriver à ce résultat grâce à la génération *in-situ* d'effets non-linéaires directement à l'intérieur des particules d'aérosols, comme la fluorescence pompée à plusieurs photons. Cette signature pourrait permettre d'identifier la composition chimique de la particule distante.

Nous avons récemment appliqué cette technique sur le terrain pour détecter à distance la pollution de particules d'eau par un traceur caractéristique des particules biologiques. Dans cette expérience, un nuage était produit dans une enceinte placée à une distance de 45 m du système *Téramobile*. Lorsque les gouttes de ce nuage sont dopées par de la riboflavine, utilisée comme biosimulant, la signature de la fluorescence

excitée à deux photons au cœur des gouttelettes est visible sur le signal LIDAR. Au contraire, cette signature disparaît lorsque le nuage est composé d'eau pure (figure 3). Ce résultat démontre la possibilité d'utiliser le LIDAR pour distinguer des particules biologiques des aérosols naturellement présents dans l'atmosphère, bien que les particules aient des tailles identiques. Des simulations montrent que cette technique de LIDAR non linéaire va présenter un intérêt à longue distance. En effet, l'excitation linéaire nécessite un laser vers 256 nm : à cette longueur d'onde, la diffusion par les molécules de l'air est considérable, de sorte que le faisceau sera fortement atténué lors de sa propagation dans l'air. De plus, il est possible de mettre en forme temporellement les impulsions femtosecondes, et d'éloigner ainsi la distance de détection tout en accroissant la sélectivité de la méthode.

Vers un paratonnerre laser ?

L'ionisation de l'air dans les filaments ouvre également un autre volet d'application atmosphérique : la mise au point d'un paratonnerre laser. L'idée de déclencher la foudre avec des lasers est presque aussi ancienne que les lasers eux-mêmes. Un paratonnerre laser permettrait en effet d'assurer la protection de sites sensibles tels que des centrales électriques et des aéroports. Dans les années 1970 et 1980, les lasers nanoseconde ont montré leurs limites, ne parvenant pas à générer dans l'air un canal conducteur suffisamment long. Mais les filaments autoguidés produits par les lasers femtoseconde-terawatt, qui présentent une densité d'électrons supérieure à celle requise pour déclencher une décharge électrique dans l'atmosphère, soit 5.10^{11} cm^{-3}, ont ravivé l'intérêt pour le sujet. Nous avons récemment déclenché et guidé des décharges de haute tension en laboratoire grâce à des filaments ionisés générés par un laser femtoseconde. Grâce à sa mobilité, le laser *Téramobile* a été placé dans un laboratoire équipé d'un générateur de haute tension (2 MV), et son faisceau a été aligné avec les électrodes. De la sorte, les filaments générés par le laser court-circuitaient l'intervalle de 1 à 5 mètres entre les électrodes modélisant respectivement la terre et un nuage chargé. Les décharges, erratiques lorsque le laser était éteint, étaient guidées par les filaments lorsqu'ils étaient présents (figure 4) [8,9]. De plus, la tension de claquage était réduite d'environ 30 % par rapport à la décharge libre. Nous avons ainsi déclenché des décharges à des tensions qui ne permettraient pas de décharge sans laser.

Ces résultats sont très encourageants quant à la possibilité d'utiliser les filaments pour contrôler la foudre. Ils ont récemment été complétés par

Figure 4. Décharge électrique haute tension (1 MV) libre (figure du haut), et guidée par des filaments générés par laser (figure du bas).

des simulations plus réalistes, lors desquelles les décharges ont été déclenchées dans des conditions comparables mais sous une pluie artificielle : grâce à la survie des filaments, mentionnée plus haut, l'efficacité de déclenchement et de guidage n'est que faiblement réduite. Si ces résultats portent à l'optimisme, des expériences complémentaires restent à mener pour déterminer si les mesures réalisées en laboratoire en échelle réduite peuvent être extrapolées à des distances de quelques centaines de mètres impliquant un mécanisme de décharge plus complexe. Par ailleurs, le coût d'un système comme le *Téramobile* le destine spécifiquement à la protection de sites sensibles ou au déclenchement d'éclairs pour le test de prototypes d'équipements dont on souhaite caractériser la résistance à la foudre.

Conclusion

Ces dernières années, la compréhension de la propagation non-linéaire des impulsions laser ultrabrèves et de forte puissance a progressé à grands pas. Ces progrès autorisent désormais les chercheurs à s'intéresser à des applications à l'atmosphère, telles que la télédétection de polluants ou le contrôle de foudre. Des résultats prometteurs ont été obtenus récemment, en particulier par l'équipe franco-allemande du projet *Téramobile*. ■

Références

[1] **R. A. Meyers (Ed.),** *Encyclopedia of analytical chemistry,* Vol. 3, Wiley, Chichester (2000).

[2] **L. Wöste et al.,** *Laser und Optoelektronik* 29 (1997) ; **P. Rairoux et al.,** *Remote sensing of the atmosphere using ultrashort laser pulses,* Applied Physics B 71 (2000), 573-580.

[3] *Lumière laser sur la chimie atmosphérique,* La Recherche, septembre 2003

[4] **J. Kasparian, et al.,** *White-light filaments for atmospheric analysis, Science,* 301 (2003), 61-64.

[5] **http://www.teramobile.org**

[6] **J. Kasparian,** *Le projet Téramobile et ses applications,* Photoniques 21, janvier-février 2006, p.28.

[7] **http://www.hitran.com**

[8] **J. Kasparian,** *"Téramobile" lance ses éclairs,* CNRS Thema, avril 2003.

[9] *Le laser fait craquer la foudre,* Sciences et Avenir, juillet 2001.

© ESPCI, Centre de Ressources Historiques

Paul Langevin à Paris en 1922, photographié par Henri Manuel.

La vie de Paul Langevin est exemplaire à maints égards. Né dans une famille modeste, il réussit à faire des études brillantes grâce à l'école de la République. Son œuvre scientifique, qui a couvert de très nombreux domaines de la physique, reste d'actualité. Arrivé au sommet de sa carrière et des honneurs, il est toujours resté fidèle à ses idées et à ses engagements scientifiques, politiques et pédagogiques.

Paul Langevin (1872-1946)

De la butte Montmartre au Panthéon : parcours d'un physicien d'exception

Julien Bok et Catherine Kounelis
ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05

Paul Langevin a été une figure emblématique de la première moitié du 20e siècle. Il a participé à toutes les grandes révolutions scientifiques de l'époque : relativité, physique quantique et physique statistique. Il a été l'inventeur du « sonar », appareil de détection sous-marine utilisant l'échographie ultrasonore, si importante aujourd'hui en imagerie médicale.

Il a été un savant engagé dans les luttes sociales et politiques : ligue des droits de l'homme, militant pacifiste, lutte contre la montée du fascisme et du nazisme en Europe. On le voit, manifestant pour la paix dans les rues de Berlin avec Einstein, dès 1923.

Il croyait dans le pouvoir de la science et de la raison pour apporter une existence plus juste et plus heureuse aux hommes. L'éducation, et en particulier l'enseignement des sciences, était pour lui le moyen privilégié pour arriver à ce but.

Biographie

« J'ai grandi, au lendemain de la guerre de 1870, entre un père républicain et une mère dévouée jusqu'au sacrifice. Témoins oculaires du siège de Paris et de la sanglante répression de la Commune, ils m'ont, par leurs récits, mis au cœur l'horreur de la violence et le désir passionné de justice sociale. » Paul Langevin

Paul Langevin est né à Montmartre, au « bateau-lavoir », le 23 janvier 1872. Après l'Ecole Lavoisier, il fait des études à l'Ecole de Physique et Chimie Industrielles de la Ville de Paris (1889-1891) et ensuite à l'Ecole Normale Supérieure (1894-1897).

En 1898-99, il effectue un séjour à Cambridge, au célèbre Cavendish Laboratory près de J.J. Thomson, au moment où celui-ci est sur la voie d'accomplir la découverte de l'électron. En 1902, il soutient sa thèse de doctorat sur les gaz ionisés, un sujet sur lequel il avait commencé à travailler à Cambridge.

Quelques semaines après, il est appelé comme suppléant d'Eleuthère Mascart à son cours de physique au Collège de France. Un début de carrière exceptionnel pour l'époque, et aujourd'hui inimaginable, qui place Langevin, à trente ans, parmi les membres les plus éminents de la communauté scientifique parisienne.

En 1905, il devient professeur de physique à l' Ecole de Physique et Chimie Industrielles. Il en sera directeur des études (1909-1925) et ensuite directeur (1925-1946). Il devient professeur titulaire au Collège de France en 1909.

Il participe activement à tous les Congrès de physique Solvay, depuis le premier en 1911. Il est élu membre du Comité scientifique en 1921 et Président en 1927, succédant à Lorentz. Il est élu à l'Académie des Sciences en 1934.

Le 30 octobre 1940, Langevin est arrêté par les Allemands à l'Ecole de Physique et Chimie et conduit à la Santé où il reste quelques semaines avant d'être placé en résidence surveillée à Troyes. En mai 1944, il s'évade en Suisse avec une fausse carte d'identité au nom de Léon Philippe Pinel, procurée par Fréderic Joliot.

ESPCI, Centre de Ressources Historiques

Après la Libération, Langevin reprend ses activités à l'Ecole de Physique et Chimie et au Collège de France. En 1945, il devient Président de la Ligue française des Droits de l'homme (succédant à Victor Basch) et membre de la Commission de l'Energie atomique de

l'Académie des Sciences (avec Frédéric Joliot-Curie et Louis de Broglie). En 1946, il est Délégué adjoint de la France à l'UNESCO.

Il meurt le 19 décembre 1946. Des obsèques nationales ont été célébrées lors du transfert des cendres de Paul Langevin et de Jean Perrin au Panthéon le 17 novembre 1948.

Œuvre Scientifique

L'œuvre scientifique de Paul Langevin est très riche et couvre de très nombreux domaines de la Physique.

• Magnétisme

La thèse de Pierre Curie (1895) porte sur l'étude expérimentale des propriétés magnétiques de la matière. Il énonce en particulier sa fameuse loi : la susceptibilité magnétique des corps paramagnétiques varie comme 1/T, où T est la température absolue. Langevin donne une explication théorique à cette loi, en supposant que chaque atome ou molécule porte un moment magnétique et que l'aimantation provient d'une compétition entre l'action du champ magnétique et l'agitation thermique. En utilisant le facteur de Boltzmann, exp(-E/kT), il retrouve facilement la loi en 1/T (1905). Il attribue ce moment magnétique aux électrons gravitant sur des orbites fermées dans les atomes et les molécules. Il ne quantifie pas le moment magnétique (le spin n'était pas encore connu), mais sa démonstration reste valable pour la loi en 1/T, car elle provient uniquement du facteur de Boltzmann.

« Résumer l'œuvre de Paul Langevin, c'est reprendre toute l'histoire de la physique depuis cinquante ans »

L. de Broglie en 1947.

Ses résultats sont exploités dès 1906 par Pierre Weiss, qui introduit un champ moléculaire décrivant l'interaction des moments magnétiques dans le modèle de Langevin et explique ainsi le ferromagnétisme.

• Relativité

D'après son assistant, Edmond Bauer, Langevin aurait eu dès 1904 l'idée d'associer une masse (inertie) à l'énergie des photons ou des électrons. Il a suggéré que cette masse devrait être égale à E/c^2. Il n'a jamais publié cette formule et a tout à fait reconnu la priorité d'Einstein dans l'énoncé correct des lois de la relativité restreinte. Il a tout de suite été enthousiasmé par cette théorie et a beaucoup lutté pour la faire accepter et enseigner par les physiciens français. Dès 1910-11, il lui consacre son cours au Collège de France. Il donne de nombreuses conférences sur ce sujet et propose le fameux paradoxe des « jumeaux voyageurs » pour illustrer la notion de dilatation du temps. Il invite Einstein à faire des cours au Collège de France au lendemain de la guerre de 14-18, à un moment où le contact avec les scientifiques allemands était difficile. Albert Einstein vient faire ces conférences en 1922 et elles ont un immense retentissement. Une expérience illustrant le paradoxe des voyageurs a été réalisée par l'US Navy en 1971 utilisant 2 horloges atomiques jumelles, mais son interprétation n'est pas simple, car il faut tenir compte de l'accélération subie par l'horloge embarquée sur un avion et qui montre un léger retard. Einstein et Langevin sont restés de grands amis durant toute sa vie. Voici ce qu'Einstein écrit dans un hommage à Langevin publié dans « La Pensée » en 1947 : *« Il me paraît certain qu'il aurait développé la théorie spéciale de la relativité si cela n'avait pas été fait par ailleurs ; car il en avait clairement reconnu les points essentiels »*.

• Mouvement brownien

L'étude du mouvement brownien, l'agitation de particules colloïdales en suspension dans un liquide, a eu une grande importance en Physique. C'est une preuve de l'agitation thermique à l'échelle des molécules du liquide.

Einstein a donné une première théorie de cet effet (1905) avec sa célèbre formule reliant le coefficient de diffusion D au coefficient de viscosité k. L'approche d'Einstein est macroscopique et utilise la thermodynamique. Langevin (1908) propose une nouvelle approche. Il suit le mouvement d'une particule et décrit les chocs des molécules par une force aléatoire. Cette « équation de Langevin » s'est montrée particulièrement utile pour étudier les fluctuations moléculaires dans de nombreux systèmes, y compris dans la thermodynamique hors d'équilibre. Elle est toujours utilisée par les biophysiciens pour l'étude des fluides biologiques contenant de nombreuses particules en suspension.

• Echographie ultrasonore

Pendant la première guerre mondiale, il met au point, avec l'ingénieur Chilowski, le « sonar », appareil destiné à détecter les sous-marins en utilisant la réflexion des ondes ultrasonores sur ces objets. Cette invention a bénéficié des travaux de Pierre et Jacques Curie sur la piézo-électricité. Les quartz piézo-électriques se sont révélés être

© ESPCI, Centre de Ressources Historiques.

De gauche à droite : A. Einstein, P. Ehrenfest, P. Langevin, H. Kammerlingh Onnes et P. Weiss, photo prise en 1920.

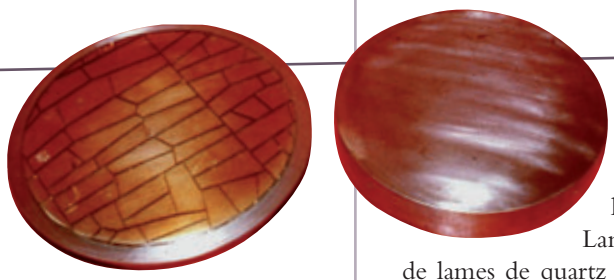
A visiter

« La Physique de Paul Langevin, hier et aujourd'hui »

du 15 septembre au 6 décembre 2006

Exposition à l'ESPCI des manuscrits et photos de Paul Langevin

10 rue Vauquelin, Paris 5e, www.espci.fr



© ESPCI, Centre de Ressources Historiques.

Le sondeur Florisson-Langevin. Ce sondeur est constitué de lames de monocristaux de quartz prises entre deux plaques d'acier. L'épaisseur des plaques est calculée pour obtenir un résonateur fonctionnant à la fréquence de 1,3 MHz.

d'excellents détecteurs et émetteurs d'ultrasons. Leur premier transducteur, le sondeur Florisson-Langevin, était une mosaïque de lames de quartz collées entre deux plaques d'acier. Ce transducteur est visible, en fonctionnement, dans l'Espace des Sciences de l'ESPCI parmi plusieurs autres expériences consacrées aux ultrasons. La technique de l'échographie ultrasonore est actuellement très utilisée en imagerie médicale et Langevin est universellement reconnu comme l'inventeur de cette technique.

Comme physicien, il a joué un rôle essentiel dans la circulation de connaissances dans les milieux scientifiques (les Congrès Solvay en sont le meilleur exemple). Par son enseignement et ses cours au Collège de France, il a exercé une profonde influence sur ses collaborateurs et élèves : Henri Abraham, Edmond Bauer, Marcel Tournier, Fernand Holweck, Marcel Moulin, Jean Saphores, et plus tard Jacques Solomon, Frédéric Joliot, Léon Brillouin et Francis Perrin.

Savant engagé

L'engagement de Langevin commence avec l'affaire Dreyfus. Il était étudiant à Cambridge quand, ayant reçu une lettre de Charles Péguy en 1898, il décida de joindre sa signature à celles de beaucoup d'autres dans la célèbre pétition. En 1899, il demande son adhésion à la Ligue française des Droits de l'Homme.

Après le choc de la guerre de 1914 et jusqu'à la déclaration de la deuxième guerre mondiale, son engagement va en s'accentuant. Il défend la grève des cheminots, les marins de la Mer Noire, s'engage à la Société des Nations. Militant pacifiste, il combat les nationalismes et œuvre pour la coopération scientifique internationale. En 1923, un an après la visite d'Einstein à Paris, il manifeste avec lui à Berlin. Membre du Comité Central de la Ligue française des Droits de l'Homme, il en devient Vice-président en 1927.

Avec la montée du fascisme dans les années 1930, le savant redouble son militantisme. Avec Henri Barbusse et Romain Rolland, il est au comité directeur français du Comité mondial contre la guerre et le fascisme. Il en devient Président en 1935. Le 12 février 1934, il participe, avec Victor Basch, Président de la Ligue des droits de l'Homme, à la grande manifestation à la Nation et le 5 mars il est, avec l'ethnologue Paul Rivet et l'écrivain Alain, un des trois signataires du texte fondateur du Comité de Vigilance des Intellectuels Antifascistes (CVIA). Artisan du Rassemblement populaire, il préside le 8 juin 1935 les assises des organisations de gauche qui préparent le grand défilé du 14 juillet. Pacifiste, il renonce pourtant à se tenir à un pacifisme « aveugle » et « intégral » et prône pour une attitude de fermeté vis-à-vis de Hitler. Mis en minorité, il démissionne du bureau du CVIA en juin 1936. Avec Victor Basch, il préside le comité d'aide à l'Espagne républicaine et en 1936, il voyage à Londres où il rencontre Churchill et grand nombre de parlementaires britanniques pour essayer de les convaincre des risques de la non-intervention. Proche du parti communiste (mais pas encore adhérent, il le deviendra en 1944), fondateur du Cercle de la Russie neuve, il condamne pourtant avec d'autres scientifiques (F. et I. Joliot-Curie, Henri Laugier, Aimé Cotton) le pacte germano-soviétique en 1939. Avec Norman Angell, Prix Nobel de la Paix, il codirige la revue *Clarté* et en 1939, il fonde, avec Georges Cogniot et Georges Politzer, *La Pensée*, « revue de rationalisme moderne ».

Science et éducation

Pour Langevin, science, éducation et action politique font partie du même engagement. Dès 1904, il se préoccupe déjà des questions d'éducation et d'enseignement scientifique (conférence au musée pédagogique). Tout au long de sa vie, et surtout à partir des années 1930, il reviendra plusieurs fois sur « la valeur humaine de la science », le « rôle social du savant », ou encore « la science comme facteur d'évolution morale et sociale », « science et liberté », la « science et la paix », la « pensée et l'action ».

Il est Président de la Société française de pédagogie (1922), membre de la commission de réforme de « L'Ecole Unique » (1925), Président de l'Union rationaliste (1930). Il donne beaucoup de conférences, ouvre la science aux classes populaires, crée l'Université ouvrière (1932). Il investit même le nouveau moyen de communication qui est à l'époque la radio : il est membre du conseil supérieur des émissions de la radiodiffusion, membre de la Commission de radiophonie auprès du commissaire général de l'Exposition internationale de 1937 et président du Comité d'administration de Radio-Liberté avec Léon Blum et Paul Vaillant-Couturier. En 1931, il se rend en Chine en tant que membre d'une commission internationale de la Société des Nations pour faire des propositions sur la réforme de l'enseignement chinois.

Il devient président de la Commission de réforme de l'enseignement. Le plan Langevin-Wallon a été remis le 17 juin 1947 au gouvernement par le psychologue Henri Wallon, qui avait succédé à Paul Langevin, décédé fin 1946. Ce plan a fortement inspiré la réforme de l'éducation de l'après-guerre en France. ■

Bibliographie

Bernadette Bensaude-Vincent, *Langevin, science et vigilance.* Editions Belin, 1987.

Paul Langevin, son œuvre et sa pensée. Science et engagement. Actes du colloque Paul Langevin tenu à l'ESPCI les 12-13 juin 1997, in Epistémologiques, Vol. 2 (1-2), janvier-juin 2002, éditions EDP Sciences.

Voir aussi le site internet
www.espci.fr/actu/langevin/Paul-Langevin.htm

Chercheurs et vulgarisation

Maurice Mashaal
Pour la Science, 8 rue Férou, 75006 Paris - maurice.mashaal@pourlascience.fr
Lauréat du prix de popularisation de la Science Jean Perrin 2005

Le chercheur est, souvent à son insu, à la fois un consommateur et un producteur de contenus scientifiques vulgarisés. Et pour mieux atteindre ses objectifs, le vulgarisateur doit mettre la science en contexte, c'est-à-dire inscrire les découvertes et les avancées scientifiques dans la matrice humaine, sociale et culturelle qui les a produites. Une chose trop rarement faite.

Beaucoup de chercheurs participent à la vulgarisation scientifique en direction du grand public, que ce soit par des interviews aux médias, par des livres, par des articles dans la presse quotidienne ou magazine, par des opérations « portes ouvertes », etc. Cet aspect des choses est bien connu, et la communauté scientifique en a bien compris l'intérêt et l'enjeu : il s'agit notamment de satisfaire à la curiosité du grand public, d'informer sur des questions scientifiques à conséquences économiques, sociales ou politiques (le changement climatique, le nucléaire, les organismes génétiquement modifiés, etc.), de justifier vis-à-vis des citoyens l'activité pour laquelle les scientifiques des organismes publics sont payés.

Les chercheurs, des vulgarisateurs qui s'ignorent

Mais les chercheurs ne vulgarisent pas uniquement en direction du grand public. Tout d'abord, ils sont généralement curieux et aiment savoir ce qui se passe dans d'autres spécialités que la leur - que ce soient des spécialités voisines, comme dans le cas de physiciens lisant des articles du *Bulletin de la SFP* ou de *Physics World*, ou des disciplines très différentes, comme dans le cas d'un biologiste lisant un article de physique ou d'archéologie dans un magazine tel que *Pour la Science*. Le plaisir intellectuel n'est d'ailleurs pas l'unique motivation de cette ouverture à d'autres domaines scientifiques. Les nombreux discours institutionnels sur l'interdisciplinarité ont suffisamment insisté sur le bénéfice (idées originales, nouveaux terrains d'exploration) que les chercheurs pouvaient en tirer professionnellement dans un contexte de compétition internationale.

L'utilité professionnelle de la vulgarisation va plus loin encore. À chaque fois qu'un chercheur doit présenter ses travaux, apporter des connaissances ou des arguments scientifiques à quelqu'un ne faisant pas partie du cercle restreint des spécialistes (ses collaborateurs et ses concurrents directs), il fait en quelque sorte de la vulgarisation. C'est le cas lorsqu'il dépose une candidature à un poste, lorsqu'il propose un projet de recherche, lorsqu'il fait une demande de crédits ou lorsqu'il défend son laboratoire lors d'une évaluation. C'est aussi le cas lorsque le chercheur est sollicité par une autorité telle qu'une commission parlementaire pour donner son avis d'expert sur, par exemple, l'opportunité d'autoriser ou non la culture de plantes génétiquement modifiées.

Même la rédaction d'un article scientifique primaire, destiné aux revues professionnelles, est un acte de vulgarisation : ne vaut-il pas mieux qu'un tel texte soit lisible au-delà du cercle restreint des spécialistes si l'on veut que les travaux décrits aient de la publicité et que leur intérêt, leur portée ou leur qualité soient reconnus ? Les historiens des sciences n'auraient pas de mal à trouver des exemples de travaux importants passés inaperçus, au moins dans un premier temps, tout simplement parce que les textes qui les relatent étaient abscons et indigestes...

La vulgarisation scientifique, au sens large, est ainsi une activité que les chercheurs, qu'ils le veuillent ou non, qu'ils en soient conscients ou non, pratiquent presque tous les jours - évidemment à des niveaux très divers en fonction des personnes auxquelles on s'adresse. Il existe tout un continuum entre le séminaire ou l'article spécialisés, destinés aux confrères, et l'animation scientifique destinée à des enfants, mais, au fond, tout cela peut être qualifié de vulgarisation.

Sept questions élémentaires pour une mise en perspective élémentaire

Une fois admis ce point, la question qui se pose est : comment bien vulgariser ? La réponse n'est pas unique, notamment en raison de la grande variété de publics visés, qui peuvent différer considérablement dans leurs connaissances, leur culture, leurs goûts, ainsi qu'en raison des différents véhicules possibles (films, écrits, conférences, expositions, etc.). Je n'ai pas la prétention d'avoir des recettes miracles, ni de vulgariser de la meilleure façon qui soit. Mais on peut rappeler ou faire ressortir quelques idées de base qui ne semblent pas assez répandues hors du milieu journalistique.

Bien sûr, la vulgarisation exige d'abord de la clarté et un niveau qui soit adapté au lecteur ou à l'auditeur. Un niveau trop élevé peut décourager et être perçu par le public comme du mépris. Un niveau trop bas peut les agacer ou les frustrer. L'ajustement du niveau exige déjà un effort d'empathie, de réflexion et de préparation. Et il n'est pas très facile d'être clair.

Mais clarté et niveau adapté ne suffisent pas en général. Cela suffira pour un lecteur, un

Bibliographie

• **J.L. Martin-Lagardette,**
Le guide de l'écriture journalistique (6e édition), la Découverte, 2005

• **P. Laszlo,**
La vulgarisation scientifique, PUF coll. « Que sais-je ? », n° 2722, 1993

• **S.J. Gould,**
Le sourire du flamant rose, Seuil, 1988
La vie est belle, Seuil, 1991
La foire aux dinosaures, Seuil, 1993

À passer sous silence les aspects non scientifiques de l'activité scientifique, à présenter une image idéalisée et désincarnée de la science, on court des risques.
En faisant cela, on peut certes satisfaire ceux qui recherchent dans la science de quoi rêver ou s'étonner, satisfaire ceux qui y recherchent des vérités éternelles, non soumises aux vicissitudes humaines et sociales. Mais, en même temps, on contribue à déshumaniser la science et à la séparer de la culture.
Cela éloigne encore plus de la science les personnes qui n'ont pas d'emblée l'âme scientifique.

auditeur ou un spectateur qui a d'emblée une grande curiosité scientifique et qui se contente de l'aspect strictement scientifique des choses. Cependant, si l'on souhaite rendre les choses encore plus intéressantes et atteindre plus sûrement son public, voire l'élargir, on a intérêt à mettre le sujet dans son contexte le plus large possible.

Il peut s'agir de contexte historique, de contexte humain, de contexte social, de contexte culturel, etc., ou, idéalement, de tous ces aspects à la fois. Qu'est-ce que cela signifie concrètement ? Commençons par les rudiments. Dans les écoles de journalisme, on résume souvent le cahier des charges d'un article de presse en disant qu'il doit répondre aux questions élémentaires « Quoi ? Qui ? Quand ? Où ? Comment ? », auxquelles il convient d'ajouter « Pourquoi est-ce intéressant ? Qu'y a-t-il de nouveau ? ».

Répondre à la question « Quoi ? », c'est expliquer de quoi on parle et de quoi on va parler. Il s'agit de présenter – assez tôt dans le propos et de façon concise – le thème ou la problématique (le phénomène des dunes chantantes, la recherche de la masse cachée de l'Univers, le mouillage, etc.) que l'on aborde.

Répondre à « Qui ? », c'est dire quelles sont les personnes impliquées – par exemple dans la découverte s'il s'agit d'une découverte – en indiquant à tout le moins leur nom, leur prénom en entier, leur qualité, leur nationalité ou pays d'attache.

Dire « quand », c'est indiquer les dates (en juin 2005, dans les années 1930, il y a deux ou trois ans, au XVIIe siècle, etc.) rattachées aux événements, aux travaux et aux découvertes mentionnés par l'article.

Répondre à « Où ? », c'est préciser les lieux mis en jeu, que ce soit l'organisme auquel est affilié un chercheur et sa localisation géographique (par exemple l'Université de Yamoussoukro, en Côte d'Ivoire) ou l'endroit de la découverte (par exemple l'accélérateur LEP au Cern, près de Genève).

Le « Comment ? » est le cœur de l'article, la question qui nécessitera le plus de place puisqu'il s'agira d'expliquer en quoi consistent précisément les recherches réalisées et la chaîne de faits et d'arguments qui aboutit aux conclusions de l'article.

« Pourquoi est-ce intéressant ? » est une autre question élémentaire et importante. L'intérêt du sujet traité et des divers éléments qui figurent dans le propos ne saute pas forcément aux yeux du public auquel on s'adresse. Si par exemple un conférencier veut parler des cristaux d'hélium, il faut qu'il motive son auditoire : pourquoi les cristaux d'hélium sont-ils intéressants ? Parce qu'ils aident à comprendre des propriétés universelles de la matière ? Parce que ces objets défient des lois bien établies ? Parce qu'ils promettent des applications spectaculaires ? D'inconditionnels passionnés de physique fondamentale n'auront peut-être pas besoin d'une telle mise en valeur, mais des physiciens d'une spécialité différente et, *a fortiori*, des non-scientifiques pourront légitimement se poser la question de l'intérêt de ce dont on les entretient.

Enfin, il est naturel de se demander ce qu'il y a de nouveau sur le thème traité, à moins que l'on ait affaire à un cours dans un cadre scolaire ou à un article dans une encyclopédie. En d'autres termes, l'actualité sous-jacente doit être précisée : une nouvelle idée, découverte ou invention, un événement récent (un accident, une inauguration, une remise de prix, etc.).

En somme, les questions élémentaires « Quoi ? Qui ? Quand ? Où ? Comment ? Pourquoi est-ce intéressant ? Qu'y a-t-il de nouveau ? » constituent le degré zéro de la mise en contexte, l'ossature minimale autour de laquelle devrait se bâtir un texte ou un discours de vulgarisation. Et pourtant, ce minimum n'est pas toujours là. Bien souvent, on est face à un propos répondant aux questions « Quoi ? » et « Comment ? », mais qui omet complètement les autres. Les textes scolaires en fournissent des exemples typiques, mais pas uniques. Et même si de tels textes peuvent avoir des vertus pédagogiques, pédagogie et vulgarisation ne sont pas synonymes (il y a d'ailleurs fort à parier que le désintérêt ou la peur des adolescents vis-à-vis des sciences soient dus, au moins en partie, à la présentation désincarnée et intemporelle qu'on leur en fait).

Mettre en évidence les fils qui relient l'activité scientifique à la société et aux autres domaines de la pensée

Les réponses aux sept questions de base ci-dessus contribuent à mettre en contexte le sujet. On peut aller plus loin encore. Il est utile d'apporter une perspective historique, c'est-à-dire de retracer, même brièvement, l'évolution du sujet au cours des siècles, des années ou des mois passés. Il est intéressant de raconter la progression des recherches, la science en train de se faire, de mentionner les difficultés, les débats, voire les conflits qui sont en relation avec les avancées scientifiques dont on parle. Cela permet notamment au lecteur d'appréhender – à petites doses successives, qui s'accumulent au fur et à mesure des lectures – la nature de l'activité et de la démarche scientifiques, ainsi que le rôle joué dans la science par des facteurs tels que le hasard, la personnalité des scientifiques, le tissu social, les institutions, la situation économique,

les événements historiques.

Une mise en contexte réussie consistera aussi à tisser des fils ou à souligner des liens avec d'autres domaines – d'autres disciplines scientifiques, mais aussi la technologie, l'art et la littérature, la philosophie, la politique, l'économie, etc. Plus généralement, il s'agit de refléter plus fidèlement la réalité, à savoir que la science est le produit d'une activité humaine et sociale et non un corpus de connaissances définitives surgies de nulle part. Derrière les recherches et les résultats, il y a des individus et des équipes, pas uniquement des numéros de références bibliographiques. Il y a aussi des organisations, des financements, des motivations d'ordre psychologique ou culturel, des rapports de force, etc., sans oublier les répercussions de la science sur l'homme et la société.

Vulgariser au sens expliqué ici est une tâche qui est loin d'être facile. Mais des exemples de vulgarisation réussie existent, et l'on peut s'en inspirer. J'en citerai deux. Il y a les admirables essais du paléontologue américain Stephen Jay Gould, qui savait raconter de passionnantes histoires humaines en liaison avec des aspects subtils et profonds de la théorie de l'évolution. Un deuxième exemple est l'hebdomadaire britannique *Nature*. Cette revue pluridisciplinaire publie non seulement des articles scientifiques primaires dont l'introduction est un peu plus soignée que la moyenne, mais aussi des commentaires de spécialistes sur ces articles, ainsi que des points de vue, des réflexions, des reportages et des enquêtes journalistiques sur les divers aspects de la vie scientifique internationale – une mise en perspective de la science suffisamment vaste pour attirer chercheurs, intellectuels et journalistes, et qui est l'une des principales raisons du succès de *Nature*.

Bien que ces deux exemples soient peut-être extrêmes, ils illustrent bien l'idée qu'une bonne vulgarisation doit présenter la science dans un cadre plus vaste qu'on ne le fait d'habitude. La tâche est difficile, mais un premier pas vers sa réalisation est d'avoir conscience de sa nécessité. ■

La SFP entre Nord et Sud

Un projet de congrès sur l'enseignement et la recherche en physique : Oujda 2007.

La Société Française de Physique, en partenariat avec plusieurs institutions publiques des deux bords de la Méditerranée, concrétise son action Nord-Sud en organisant un colloque sur l'enseignement et la recherche en physique. La manifestation se tiendra du 9 au 13 avril 2007 à la faculté des sciences de l'université Mohamed 1er d'Oujda, Maroc. Le site Web provisoire de la manifestation est : http://sfpnordsud.in2p3.fr/

Le congrès aura plusieurs orientations et thématiques :

- En amont, faire une revue des temps forts de la recherche en physique dans les trois pays du Maghreb.
- Passer en revue les développements réalisés dans divers domaines, ainsi que les grandes orientations de recherche susceptibles de fournir les bases d'un programme d'enseignement universitaire en physique, mieux adapté aux réalités nouvelles.
- Echanger les expériences relatives à la mise en place du système LMD en physique.
- En aval, aborder les relations entre physique et société, vues sous deux aspects : à travers la contribution des développements de la physique à la solution des problèmes de la société moderne dans les pays du "Sud" (santé, eau, risques naturels, énergies renouvelables, informatique, télécommunications, microélectronique, etc.) d'une part, et à travers la contribution de l'enseignement de la physique dans les formations professionnalisantes et qualifiantes d'autre part.

Le congrès visera à mettre en place une école pré-doctorale de physique au Maghreb, qui pourrait étendre et prolonger l'action du centre de Trieste (ICTP). L'un des objectifs est que cette manifestation soit dans l'avenir régulièrement organisée dans une relation qui devrait utiliser des regroupements scientifiques, dans le pourtour méditerranéen, comparables à la SFP en France, alors que les contacts actuels sont souvent très morcelés. Ce sera de même l'occasion de susciter la mise en place de sociétés savantes sœurs, au Maroc en particulier.

A ce jour, les pays partenaires sont la France, la Belgique, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie et la Mauritanie. D'autres pays nous ont exprimé leur intérêt : le Liban, l'Égypte, le Sénégal. ■

Faïrouz Malek
Responsable de l'action Nord-Sud de la SFP

Haut Comité de parrainage :

Zohra Ben Lakhdar (Tunisie, Prix scientifique L'Oréal 2005),
Claude Cohen-Tannoudji (Prix Nobel de Physique),
Jean Coudray (CIRUISEF),
Omar Fassi-Fihri (Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques),
Robert Klapisch (Président de l'AFAS),
K.R. Sreenivasan (Directeur de l'ICTP).

Sociétés savantes et institutions partenaires :

AFAS (Association française pour l'avancement des sciences),
CFP (Comité français de physique),
EPS (European Physical Society),
SBP (Société belge de physique),
STP (Société tunisienne de physique),
AUF (Agence universitaire de la francophonie),
CNRST (Centre national de la recherche scientifique et technique, Maroc),
DRIC (Direction des relations internationales et de la coopération, France),
ICTP (International Centre for Theoretical Physics),
IFO (Institut Français de l'Orient),
MAE (Ministère des affaires étrangères, France).

Aux réunions de bureau

• 6 juin 2006

Le principal point de l'ordre du jour est la présentation du nouveau site *web* de la SFP par Olivier Dauchot (voir son article dans le Bulletin SFP n°155, p. 4). Ce site comportera une partie libre d'accès et une partie réservée aux membres de la SFP, accessible avec un mot de passe. Ce nouveau site, qui sera hébergé par un opérateur privé, devrait être ouvert en juillet. Appel est fait à des volontaires *webmasters* (responsables des pages consacrées à une activité telle que division de spécialité, section locale, …). Des séances de formation seront organisées à partir de cet été. L'ancien site http://sfp.in2p3.fr sera maintenu pendant au moins quelques mois, jusqu'à ce que le nouveau site soit totalement opérationnel.

Un nouveau forum d'information électronique, SFP-INFO, remplacera SFP-ACTU. Il s'adressera à (et pourra être utilisé par) tous les membres de la SFP, ainsi qu'à un certain nombre de personnalités extérieures cooptées. Complètement indépendant du site web, il sera modéré par Jean-François Morhange.

Enfin, Jacques Treiner présente un rapport de l'Académie des sciences intitulé : « La fusion nucléaire, de la recherche fondamentale à la production d'énergie ». Un groupe de lecture critique (où J. Treiner représentait la SFP) a émis un certain nombre de remarques, qui seront ajoutées en fin de rapport. Celles de J. Treiner sont communiquées au Bureau. Ce rapport, scientifique et technique, aborde malheureusement assez peu les problèmes de société suscités par le nucléaire.

• 4 juillet 2006

En début de séance, Joël Le Duff fait un point sur les finances de la SFP. L'exercice 2006 se présente bien, les revenus propres (EDP-Sciences, Europhysics Letters) étant plus élevés que prévu en début d'année. On observe aussi une légère augmentation des cotisations par rapport à 2005. Ceci permettra d'augmenter les montants des prix attribués par la SFP, et de financer certaines actions non prévues dans le budget initial (recherche de mécénat, facilités d'adhésion pour les jeunes physiciens).

Roger Maynard fait part au Bureau d'une réunion qui a eu lieu le 27 juin avec Jean-Marc Quilbé, directeur général d'EDP-Sciences dont, rappelons-le, la SFP est le principal actionnaire. La SFP et EDP-Sciences prévoient de renforcer leur collaboration : fenêtre EDP-Sciences sur le nouveau site web de la SFP, publicité et information fournies par EDP-Sciences dans Reflets de la physique, mise des articles de Reflets de la physique sur le site EDP-Sciences (indexation dans Cross-Ref).

Enfin, il est rappelé qu'un forum de la SFP se tiendra aux JMC10 à Toulouse, le vendredi 1er septembre 2006, entre 10 h 30 et 12 h.

Au Conseil du 9 juin 2006

Après ratification de la liste des nouveaux membres de la SFP, Roger Maynard donne un bref panorama des principales actions actuelles de la SFP (voir les comptes rendus des dernières réunions de Bureau).

Michèle Leduc rend compte de la journée de bilan de l'AMP au Ministère de la Recherche, le 6 juin. Il sera important de connaître les retombées de l'AMP, en particulier du point de vue des inscriptions universitaires. Une discussion s'ensuit sur la meilleure manière d'intéresser le grand public à la physique. Plutôt que d'insister sur son aspect ludique, il paraît préférable de montrer le rôle majeur qu'elle joue sur des questions de société importantes, telles que le climat, l'économie, etc. Dans cette optique, le Conseil aborde alors le problème des risques associés aux nanotechnologies. Entre les deux positions extrêmes, la SFP se doit de répondre aux préoccupations du public. Il est décidé de constituer un groupe de réflexion sur ces problèmes, qui s'adjoindra des représentants de la biologie et des sciences humaines. Ce groupe sera animé par Jean-Claude Mialocq.

Johannes Orphal présente 8 propositions d'actions en direction des jeunes physiciens (voir l'éditorial, page 2), qui donnent lieu à une longue discussion. La décision est prise de leur faire une offre exceptionnelle d'adhésion à tarif réduit, dans le cadre d'un parrainage ou de l'inscription à un congrès de la SFP.

Charles de Novion présente la prémaquette de Reflets de la physique, réalisée par Keith Villemeur et Laetitia Morin. Ce projet est largement approuvé par le Conseil, qui émet quelques remarques et souhaits à transmettre aux maquettistes.

Enfin, après examen des propositions des jurys, le Conseil décerne les prix suivants :

- **Prix Yves Rocard 2006 : Bruno Berge**.
- **Prix Louis Ancel 2006 : Armand Ajdari**.
- **Prix Aimé Cotton 2006 : Olivier Guillot-Noel.**

Notices et photos seront publiées dans le prochain numéro de Reflets de la physique.

Flash Prix et distinctions 2006

• **Annick Loiseau**, responsable de la division de physique de la matière condensée, vient de recevoir la **médaille d'argent 2006** du CNRS pour ses travaux de recherche sur la structure des nanotubes de carbone et de nitrure de bore.

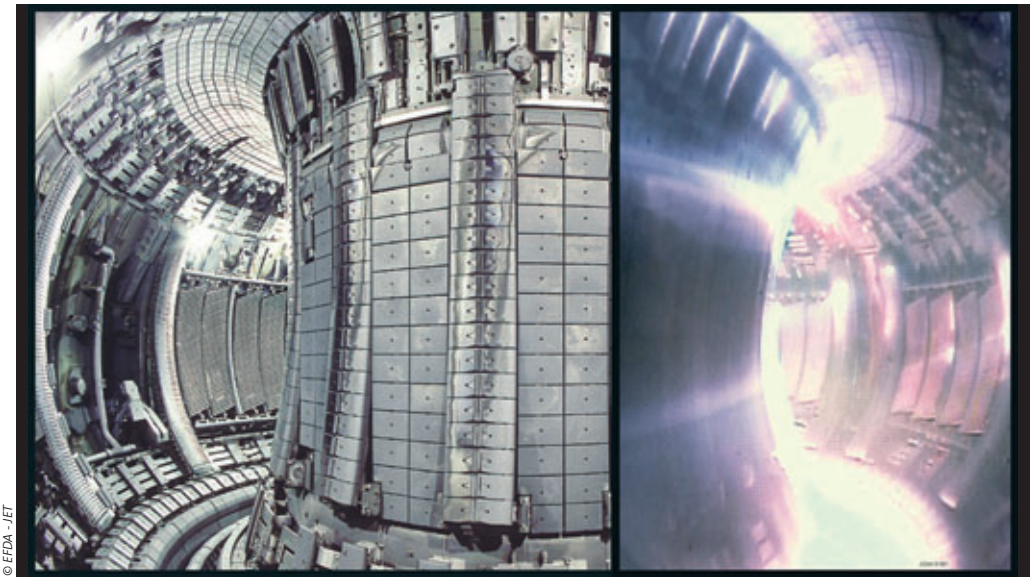
• Nous venons d'apprendre que la fondation Alexander von Humbolt a décerné le **prix Gay Lussac-Humbolt 2006** à notre collègue **Yannick Mellier** pour ses travaux sur le cisaillement gravitationnel (voir son article p. 5).

Toutes nos félicitations aux lauréats !

Physique des plasmas :

Fédération pour une nouvelle spécialité de master « Sciences de la fusion »

Une convention de partenariat réunissant 10 établissements d'enseignement supérieur répartis sur quatre sites (Marseille, Bordeaux, Nancy, Île-de-France) a été signée le 17 mai dernier. Ces établissements ont reçu un avis favorable du ministère pour être habilités de façon conjointe à délivrer un master spécialité « Sciences de la fusion ». Par ailleurs, des grandes écoles d'ingénieur seront associées à cette fédération, permettant ainsi à leurs élèves de suivre les cours de cette spécialité et acquérir un double diplôme.



© EFDA - JET

Confinement Magnétique : ToreSupra - JET - ITER

La spécialité vise à préparer des physiciens et ingénieurs, français et étrangers, notamment européens, à l'exploitation scientifique et technique des grands équipements de fusion – le tokamak ITER et le laser MégaJoule – et, plus généralement, des grands instruments de physique. Cette spécialité rassemble les thématiques dédiées à la fusion, dans leurs composantes à la fois scientifique et technologique.

A vocation pluridisciplinaire, la formation couvre la physique des plasmas dans ses aspects théoriques et expérimentaux (confinement, chauffage, diagnostic), ouvre à l'astrophysique et à la simulation numérique. Elle couvre également les technologies en œuvre dans les installations de fusion, à savoir les techniques du vide, le cryomagnétisme, les matériaux, les sources de puissance micro-ondes et optiques, l'instrumentation de mesure et le contrôle-commande des installations.

La formation est structurée en trois parcours :

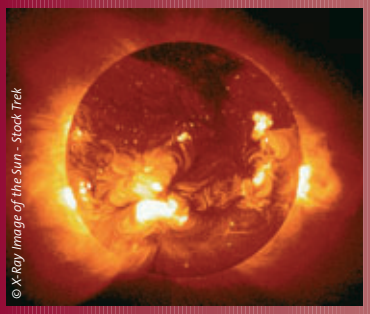
- Fusion par Confinement Magnétique « recherche »,
- Fusion par Confinement Inertiel « recherche »,
- Physique et Technologies de la fusion « recherche » ou « professionnel ».

L'ensemble des étudiants est regroupé, durant le mois de février, auprès des grands instruments de recherche, à Cadarache et à Bordeaux. Pendant cette période, ils ont ainsi l'opportunité, tout en complétant leur formation théorique, de la confronter à la réalité de sa mise en oeuvre dans les futures activités. La formation est complétée par un stage de 5 ou 6 mois dans un organisme de recherche ou en entreprise.

Les enseignements sur les différents sites sont assurés en grande partie par des chercheurs des laboratoires locaux, qu'ils soient universitaires ou bien du CNRS ou du CEA, impliqués dans la recherche sur la physique des plasmas. 40 laboratoires d'appui de recherche publique ont été identifiés dans la maquette d'habilitation.

Les parcours « recherche » orientent, après préparation d'un doctorat ou ingénieur de recherche, vers le métier de chercheur dans les organismes nationaux ainsi que dans le réseau international des laboratoires impliqués dans le domaine de la fusion et des disciplines connexes. Le parcours « professionnel » prépare des ingénieurs avec une solide expertise en technologie, doublée de compétences en physique des plasmas de fusion, pour une intégration dans l'industrie et dans les organismes de recherche. ■

Peter Beyer[1], Guy Bonnaud[2], Jean Jacquinot[3]



© X-Ray Image of the Sun - Stock Trek

Confinement Gravitationnel : Soleil.

1 – Université de Provence, Marseille (beyer@up.univ-mrs.fr) • 2 – CEA, Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (guy.bonnaud@cea.fr) • 3 – CEA, Conseiller scientifique auprès du Haut commissaire à l'énergie atomique (jean.jacquinot@cea.fr)

La SFP sur le salon de l'instrumentation pour la recherche, les essais et l'industrie

Société Française de Physique

17 - 18 - 19 octobre 2006
Paris-Expo, Porte de Versailles, Hall 7.3

Mesurexpo

➢ **Cérémonie de remise du Prix Yves Rocard**
Mercredi 18 octobre à 16h30

➢ **Journées de conférences**

- **Mesure de température** Mardi 17 octobre
- **Les Nanosciences au cœur des Technologies Convergentes (NTC2)** Mercredi 18 octobre
- **Electronique de Puissance : du régime continu au régime impulsionnel (10e Entretiens Physique-Industrie)** Jeudi 19 octobre

http://sfp.in2p3.fr/expo/

Grand Prix Louis Néel 2006 de physique et applications

Ce grand prix de sciences, attribué par le Groupe d'action pour la physique (G2P), est destiné à récompenser l'excellence de travaux de recherche en sciences physiques et à reconnaître une carrière exemplaire associée à des développements technologiques en liaison directe avec le monde de l'entreprise. Le lauréat sera un européen ayant réalisé en France les travaux récompensés et devra être en activité professionnelle à la date de remise du Grand Prix.
Le montant de ce prix est de 7 000 euros. Il sera remis en 2007.

Le dossier de candidature est à retirer sur le site web du G2P :
www.g2p.asso.fr

Dossier à retourner avant le 30 octobre 2006 à :
Gweltaz Hirel, Société Française du Vide, 19, rue du Renard, 75004 Paris
01.53.01.90.31, gweltaz.hirel@vide.org

JEPI 2006

2e édition des Journées de l'Enseignement de la Physique et de ses Interfaces

Toulouse, 7-8 novembre 2006

Université Paul Sabatier – Toulouse III

Les JEPI 2006 ont pour objectif de faire émerger, sur la base des pratiques innovantes de l'enseignement de la physique, des propositions pour promouvoir notre discipline.

Informations : **http://ufrpca-phy.upd-tlse.fr/jepi2006/**
Contact : **jepi2006@cesr.fr**

Soumission des propositions : 1er octobre 2006
Date limite d'inscription : 21 octobre 2006.

UN OUVRAGE À DÉCOUVRIR OU À REDÉCOUVRIR...

• Collection Sciences et Histoire
• Juin 2005 • 2-86883-792-1
• 312 pages • 29 €

L'UNIVERS DÉVOILÉ - *James LEQUEUX*

Notre conception actuelle de l'Univers n'a plus guère à voir avec celle que l'on en avait il y a cent ans. Bien qu'il n'existe pas encore de réponse à certaines questions fondamentales, comme la nature de la matière noire ou l'existence de la vie ailleurs que sur la Terre, les progrès récents de l'astronomie ont été si spectaculaires que l'essentiel de l'Univers nous est aujourd'hui dévoilé. Ce sont l'histoire et les moyens de ces progrès que décrit ce livre sous une forme simple et vivante, mais sans sacrifier la rigueur scientifique. Le premier chapitre couvre les années 1910 à 1950, et le second nous amène à 1970. Ensuite, le rythme des découvertes s'accélère tant que les trois décennies suivantes qui ont vu se développer puissamment les techniques d'observation au sol et dans l'espace nécessite chacune un chapitre entier. L'ouvrage se termine par un exposé détaillé de l'état actuel de nos connaissances, avec quelques projections vers le futur. Un grand nombre d'illustrations, des encadrés, un glossaire, une table des sigles et de nombreuses références à des articles de recherche agrémentent et complètent la lecture, et peuvent stimuler des approfondissements.

James Lequeux, astronome à l'Observatoire de Paris, est actif depuis cinquante ans dans différents domaines de l'astronomie, principalement l'étude de la matière interstellaire et des galaxies. Auteur de plusieurs ouvrages destinés aux spécialistes ou au grand public, il a été pendant quinze ans Rédacteur en chef du journal Astronomy & Astrophysics où les astronomes de toute l'Europe publient les résultats de leurs recherches : il s'est ainsi trouvé au centre de l'astronomie active, dans une position clé pour en écrire l'histoire.

EDP SCIENCES

Ouvrage disponible chez votre libraire habituel ou sur www.edpsciences.org

EDP SCIENCES

Concours « Faites de la science »

La SFP décerne un prix à une classe du collège Condorcet à Dourdan

Sous l'impulsion de Jean-Claude Roynette, doyen de l'université Paris-Sud, un concours « Faites de la science » est organisé chaque année, avec des classes de collège ou de lycée, appelées à présenter un thème scientifique, illustré par des expériences destinées à intéresser un large public.

Partie d'Orsay, cette expérience est en 2006 généralisée par les doyens à une dizaine d'universités en France.

Cette année 2006, le concours a eu lieu le 22 juin, au Palais de la découverte. Un vaste espace a été consacré à une trentaine de très jeunes équipes qui ont, pendant une journée entière, présenté leur expérience au public qui visite le musée.

La SFP a jugé très positivement cette initiative, qui stimule la créativité et l'enthousiasme des jeunes pour la science. Les thèmes de physique étaient d'ailleurs très bien représentés à travers des sujets touchant à de grands problèmes de société (énergie, pollution, environnement, …). Michèle Leduc a été invitée aux délibérations du jury présidé par Yves Coppens. Elle a remis un prix supplémentaire de la SFP aux lauréats du concours pour « Tout, tout, tout, vous saurez tout sur l'atmosphère » présenté par les élèves de 4e et de 5e au collège Condorcet de Dourdan, conduits par leur professeur, Mme Mékarnia. Ce projet a permis aux élèves de s'initier à la prise de mesures, à la tenue d'un cahier d'expériences, et aux notions de pression atmosphérique, de prévision, d'anticyclone… C'était aussi l'occasion de les sensibiliser aux bouleversements que subissent petit à petit notre planète et notre atmosphère.

Michèle Leduc

© M. Lecompt

• Le stand.
• La remise des prix en présence de Michèle Leduc et d'Yves Coppens.

Multiples records du navigateur Parrain de l'AMP

• Le « Médiatis Région Aquitaine ». ©Laurent Theillet

Toutes les informations disponibles sur :
www.parlier.org

En 2005, le navigateur Yves Parlier avait très gentiment accepté d'être le Parrain de l'Année mondiale de la physique. C'est avec enthousiasme qu'il avait participé à des animations à Paris, Lyon, Limoges et Arcachon, faisant partager ses aventures et ses passions et confirmant la place prépondérante que joue la physique dans son activité nautique, que ce soit pour la conception de son hydraplaneur « Médiatis Région Aquitaine », catamaran d'un type très novateur, ou pour les techniques de navigation.

Après une année de tribulations, le printemps 2006 a apporté à toute l'équipe d'Yves Parlier trois très beaux records au large de l'île de Gran Canaria, où il a posé sa base d'entraînement.

Le 9 avril 2006 l'équipage de Médiatis Région Aquitaine remporte le record de distance parcourue en 24 heures, dans la catégorie multicoque jusqu'à 60 pieds, soit 597,81 milles en 24 heures à une vitesse moyenne de 24,91 nœuds.

Le 14 mai, c'est le record du tour de l'île de Gran Canaria que l'équipage de l'hydraplaneur a pulvérisé.

Enfin le 19 mai 2006, Yves Parlier bat le record des 24 heures en solitaire, avec 585,5 milles parcourus, à une vitesse moyenne de 24,39 noeuds. Il améliore ainsi de plus de 40 milles les records détenus depuis 1994 par Laurent Bourgnon (en 60 pieds) et depuis 2005 par Francis Joyon (en 90 pieds). Yves est ainsi devenu le marin le plus rapide en multicoque et en solitaire.

L'aventurier des mers ne compte pas en rester là. Gageons que la physique continuera à servir son immense talent à remporter encore bien des défis !

Sophie Remy

Table ronde

La politique actuelle et future de la recherche en France, vue par des physiciens

Partie I : La Loi de programme pour la recherche et l'ANR

Une table ronde sur la politique de la recherche en France, organisée à l'initiative de la Société Française de Physique, s'est tenue le 5 juillet 2006 au siège de la SFP à Paris. Nous publions ici le compte rendu de la première partie, consacrée à la Loi de programme pour la recherche du 23 mars 2006 et à l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).
La seconde partie, portant sur l'évaluation, les grands instruments et la carrière des chercheurs, sera publiée dans le numéro 2 de Reflets de la physique.

La rédaction

Roger Maynard : Pourquoi un débat sur la recherche aujourd'hui, dans le cadre d'une société savante telle que la SFP ? Dans le contexte actuel des campagnes électorales qui s'annoncent, il est utile d'apporter un regard de physiciens sur les grands problèmes de la recherche et de l'enseignement supérieur. Nous pensons que la SFP a un rôle à jouer, proche de celui d'une ONG, non seulement dans les discussions scientifiques, mais aussi sur les grandes orientations de la politique de la recherche de la France. Commençons le débat par les questions concernant les événements les plus récents, c'est-à-dire la loi de la recherche du 23 mars 2006 : quels espoirs et quelles insuffisances ? Quel est le rôle du Haut Conseil de la Science et de la Technologie et sa composition ? Comment apprécier la montée en puissance de l'ANR et l'absence d'un Conseil Scientifique ? Les moyens financiers prévus sont-ils à la hauteur des enjeux ?

La SFP : **Edouard Brézin, quel est votre bilan personnel sur la loi de programme pour la recherche du 23 mars 2006 et sur l'ANR ?**
Edouard Brézin : C'est un peu difficile de répondre, car nous sommes proches d'une échéance électorale et il me semble plus important, maintenant, de se tourner vers l'avenir et de se demander quelles sont les grandes questions à poser au monde politique pour l'avenir de la recherche et de l'enseignement supérieur.
Je ne vais quand même pas échapper à la question sur le Haut Conseil de la Science et de la Technologie. On me dit que les décrets sont parus, mais je ne les ai pas vus. D'abord, quel est le périmètre d'action du Haut Conseil ? Certains voulaient qu'il soit concentré sur la recherche fondamentale, et je dois dire qu'au début j'étais de cet avis. Puis, progressivement, j'ai été convaincu par les gens qui disaient que nous risquions ainsi d'isoler une recherche qui paraîtra de l'art pour l'art, facile finalement à laisser en déshérence. Or, il est indiscutable que dans l'innovation industrielle il y a des composantes de recherche. Donc il paraît nécessaire qu'il y ait un endroit pour discuter en commun et que nous sortions de la tradition française dans laquelle industrie et recherche sont complètement séparées. D'autre part, nous ne souhaitons pas que les membres du Haut Conseil soient tous nommés par le Président de la République. Il nous paraît indispensable que l'on consulte la CPU, les présidents de sections du Comité national, l'Académie des Sciences et le Collège de France. Le gouvernement n'a pas voulu le faire et je trouve cela regrettable.
En ce qui concerne le Conseil scientifique de l'ANR, les avis sont partagés. Les directeurs d'organismes sont très majoritairement contre, car ils ont peur qu'avec un tel conseil on crée un nouvel organisme.
Est-ce que le Haut Conseil sera à même de fixer des priorités intelligentes à l'ANR ? Il est certain que la progression des moyens va entièrement à l'agence et que dans ces conditions une question prioritaire est la proportion des « programmes blancs »[1]. Pour les organismes, qui ont pu gérer les crédits de l'ANR pendant cette première année, improvisée mais finalement plutôt souple et légère, l'appel à idées parait une façon meilleure de faire fonctionner une agence, plutôt que des thématiques arbitrairement fixées. Dans la 1e année, après beaucoup d'interventions auprès du gouvernement, il y a eu finalement de l'ordre d'un quart de programmes blancs. Il est vrai aussi que les programmes thématiques ont été suffisamment larges pour que l'on puisse y glisser beaucoup des sujets que la communauté scientifique avait à cœur. Il faut conserver cela, malgré l'opposition d'une partie du Ministère des Finances, qui souhaite que l'on fixe de manière très étroite les thématiques. Cela fait partie des combats à venir. Quant à la progression des moyens de la recherche, elle est tout à fait modeste si l'on prend en compte l'inflation. La seule chose que nous pouvons affirmer est que nous ne sommes plus dans une phase de décroissance.

(1) Programme blanc : programme ouvert à toute proposition hors thématiques affichées

Un dernier point : nous n'avons pas cessé d'affirmer que la priorité devait aller aux maîtres de conférences nouvellement nommés, de façon à ce que dans leurs premières années d'exercice ils puissent garder une activité de recherche, malgré les cours, les changements d'établissements et les travaux pratiques à monter. Mais j'ai l'impression que le gouvernement n'a voulu suivre ce qui était demandé que dans des cas exceptionnels, alors que nous souhaitions que ce soit la règle. Voilà des enjeux qui continuent à rester essentiels et dont on ne voit pas très bien si la loi va les régler.

La SFP : **Comment le CNRS voit-il la montée en puissance de l'ANR ?**
Christian Chardonnet : L'ANR est un défi que le CNRS doit prendre en compte. Cette agence est un élément nouveau, souhaité sous certains aspects par l'ensemble de la communauté scientifique ; en particulier, la possibilité d'avoir des appels d'offres blancs était demandée depuis très longtemps. Le fait que l'agence soit extérieure aux organismes de recherche et à l'université permet à des chercheurs, où qu'ils soient situés, de pouvoir monter des projets originaux. De plus, les moyens alloués sont significatifs et permettent de mener un projet de manière complète dans la durée. Le CNRS soutient très fortement ces projets blancs, car ils rentrent parfaitement dans ses souhaits de promouvoir des projets basés sur l'excellence scientifique et sur l'originalité, avec une possibilité de prise de risques. Le maintien des « actions jeunes chercheurs » est également intéressant.
En revanche, il est important lorsque l'on crée une nouvelle structure, de faire une évaluation de ses impacts positifs et négatifs. L'ANR existe depuis peu de temps, mais l'on peut déjà sentir un certain nombre de choses. Le fonctionnement des comités scientifiques qui sélectionnent les projets est satisfaisant. Le taux de succès est important au niveau des appels d'offres. Néanmoins, on peut constater que ce sont les équipes déjà très solides, bien structurées, qui vont avoir la capacité de monter des projets de qualité ayant une forte cohérence ; on risque donc de pénaliser les équipes plus jeunes, trop fragiles pour être élues à ce type d'appel d'offre. C'est là qu'un organisme comme le CNRS a un rôle plus volontariste de structuration de la recherche à jouer, en poussant des thématiques plus émergentes et mal identifiées.

Bernard Carrière : Il faut qu'à un certain niveau qui est nécessairement proche des lieux de décisions politiques, se définissent une stratégie et les orientations prioritaires d'une politique nationale qui s'imposent à l'ensemble des acteurs (organismes, universités et autres établissements d'enseignement supérieur). Cela n'était pas le cas jusqu'à présent. De ce point de vue, quelle sera la répartition des rôles entre la DGRI, la DGES et le Haut Conseil ?
Sur l'ANR, je crois qu'il y a lieu d'être inquiet devant le risque de voir progressivement réduites nos marges de pilotage d'une politique de recherche. Au moment où l'ANR lance ses premiers appels à projets, en 2005 et 2006, il est clair que ceux qui remontent des laboratoires s'inscrivent dans une politique bien encadrée par les organismes de recherche et les universités. Qu'en sera-t-il demain, si les comités scientifiques de l'ANR devaient développer leur politique propre sans qu'on puisse peser sur ces choix ? Ceci pose la question des thématiques retenues et des priorités, et celle d'un conseil scientifique de l'ANR qui n'existe toujours pas et qui devrait travailler en coordination avec le Haut Conseil et l'ensemble des opérateurs de recherche. Corrélativement, nous sommes vivement préoccupés par la baisse des moyens récurrents des universités. Ainsi, la dotation générale de fonctionnement (DGF) de nos établissements stagne depuis 3 ans, ce qui a un impact évident sur l'entretien des locaux et sur les conditions d'accueil des étudiants, comme des enseignants chercheurs et chercheurs.

Didier Chatenay : Pour résumer le point de vue des gens de SLR (Sauvons La Recherche) sur la loi, l'avis est très négatif : il y a tout le vocabulaire des états généraux sans l'esprit. Il y a d'abord un grand souci du côté des jeunes, avec le développement des emplois précaires (que nous appelons post-docs !) : l'ANR risque de générer une masse de gens sur des statuts temporaires pendant une longue période. Un second vrai souci est l'impact de l'ANR sur la structure fine de l'organisation en équipes et en laboratoires. L'idée qu'un budget ANR doit comprendre une forme d'*overhead* pour participer au fonctionnement collectif des laboratoires, ne s'est pas concrétisée pour l'instant. En ce qui concerne le taux de succès, les pourcentages sont en train de baisser dramatiquement : mes chiffres sont de moins de 20 %. Il semble que le ministère considère que ce taux est correct, car à la NSF il est encore plus faible. Il y a ici une forme d'élitisme de la recherche. Nous ne pensons pas qu'il faut « arroser partout », mais qu'il faut s'inquiéter dès à présent de ce qui va se passer pour ceux qui n'obtiendront pas de financements de l'ANR.
Enfin, il y a un découplage total entre le financement et l'évaluation : on peut très bien financer via l'ANR un projet qui se révèlerait non crédible si on connaissait l'environnement scientifique et technique du laboratoire. C'était un vrai avantage

De gauche à droite, assis : M. Leduc, E. Brézin, Y. Petroff ; debout : C.H. de Novion, D. Chatenay, C. Chardonnet, B. Carrière, R. Maynard et J. Vannimenus.

Composition de la Table ronde

Intervenants participant à la Table ronde :
• **Edouard Brézin,** président de l'Académie des sciences, ancien président de la SFP.
• **Christian Chardonnet,** directeur adjoint du département MPPU du CNRS, chargé du secteur physique théorique, atomique et moléculaire.
• **Bernard Carrière,** président de l'université Louis Pasteur à Strasbourg, vice-président chargé de la recherche à la Conférence des présidents d'université (CPU).
• **Didier Chatenay,** biophysicien, ex-membre de « Sauvons la recherche ».
• **Yves Pétroff,** ancien directeur de l'European Research Synchrotron Facility (ESRF, Grenoble).

Le débat était animé par : Roger Maynard (président de la SFP), Michèle Leduc (vice-présidente), avec l'aide de Charles de Novion (rédacteur en chef de « Reflets de la physique ») et de Jean Vannimenus (secrétaire général de la SFP). Le secrétariat de la réunion était assuré par Aude Boret.

du Comité National : il y avait une évaluation qui alimentait la prise de décision et en particulier celle du financement.
Un des plus gros enjeux est la politique de l'emploi scientifique qui, à l'heure actuelle, est totalement absente de toutes les discussions qui ont lieu au niveau politique. Les gens qui s'engagent dans les métiers de la recherche le font sur des durées longues : master, thèse, post-doc, en tout près d'une dizaine d'années. C'est le seul domaine où l'on demande aux jeunes de s'engager sans avoir aucune idée de ce que sera le marché de l'emploi à terme ; il y a là un énorme danger.

Yves Petroff : Je vais être provocateur. L'ANR remplit un besoin, car la recherche est quelque chose qui évolue très vite. Depuis quelques années, quand une équipe voulait créer une nouvelle manip, il y avait très peu d'argent pour cela, en particulier au CNRS ou à l'Université.
Didier Chatenay : Ça, c'est un point de vue incroyable ! Cela fait des années et des années que l'on diminue les moyens de la recherche. Tout à coup, tu arrives avec l'ANR qui a plein d'argent et tu dis : « Regardez, c'est bien les agences ». Evidemment, il n'y avait pas d'argent avant !
Yves Petroff : Le problème n'est pas là. J'ai vu des jeunes équipes avec d'excellents projets, qui ont obtenu via l'ANR de l'argent leur permettant de monter de nouvelles manips et de réagir vite. En réalité, ce qui intéresse les jeunes, c'est de pouvoir faire quelque chose.
Edouard Brézin : Avec les Assises de la recherche, nous analysions qu'entre deux vagues de contractualisations quelqu'un qui arrivait avec une idée nouvelle n'avait pas sa place. Nous demandions quelque chose qui ressemble à une agence pour permettre d'avoir une réactivité qui ne soit pas une fois tous les quatre ans pour examiner les projets.
Yves Petroff : Je suis contre le Conseil Scientifique de l'ANR, parce qu'on va alors pérenniser un nouvel organisme ce qui, je pense, n'est pas bon pour la recherche. Je ne suis pas non plus d'accord, Didier, avec ton histoire de découplage entre finances et évaluation. J'ai référé l'an dernier un excellent projet qui demandait une somme trop forte ; il a eu exactement ce dont il avait besoin.

Roger Maynard : **Récapitulons. Suivons la recommandation d'Edouard Brézin et dégageons quelques grandes questions à poser aux politiques.**
La première est certainement celle de l'équilibre entre les crédits incitatifs et les crédits récurrents de soutien aux laboratoires et aux chercheurs. Est-ce qu'on n'est pas passé, avec la création de l'ANR, d'un régime où il n'y avait pas assez de crédits incitatifs à un régime qui sacrifie trop les crédits récurrents ? Une seconde question est celle de la transparence des crédits de l'ANR, ainsi que celle de la composition de ses comités scientifiques. Est-ce que ces derniers sont bien représentatifs de la communauté ? Qui décide des proportions de crédits et des nominations ? Le cabinet du Ministère ?
Yves Petroff : Malheureusement, la politique scientifique est faite essentiellement dans le cabinet du Ministère, par des gens sur la compétence desquels, dans certains cas, on peut se poser des questions.
Bernard Carrière : Le préalable est que le financement récurrent soit en progression régulière. C'est lui qui donne aux laboratoires la possibilité d'une politique scientifique.
Edouard Brézin : Le montant des *overheads* est un point essentiel. Il faut des crédits récurrents, mais ils ne doivent être attribués qu'après évaluation. La structure en laboratoires peut être extrêmement positive : moyens mis en commun, circulation d'idées, séminaires et visites, qu'on a tous vécus, et qui en général marchent bien. Nous n'avons pas envie que l'ANR détruise cette organisation, qui est une singularité française, qui quand elle marche bien est une bonne singularité. Il faut permettre aux bons laboratoires de continuer d'exister.
Christian Chardonnet : Je veux rebondir sur l'opposition entre crédits récurrents et crédits incitatifs. Il est nécessaire que les organismes de recherche aient localement un minimum de politique scientifique et disposent aussi de crédits incitatifs d'un autre type que ceux distribués par l'ANR (BQR ou moyens mi-lourds, par exemple).
Didier Chatenay : En créant l'ANR, on a fait un vrai choix politique de paupérisation des organismes de recherche et des universités. Il y a urgence à définir un endroit où toutes ces instances pourront discuter ensemble pour mettre en place une politique de recherche nationale. Est-ce que ce sera le Haut Conseil ou le Ministère ?
Edouard Brézin : Il faut que le Haut Conseil ait des sous-divisions scientifiques qui lui rendent compte. Ce n'est pas au Ministère de faire cela. Il y a des pays où il n'y a pas de Ministère de la recherche et où la recherche marche très bien.
Didier Chatenay : Quand on regarde la liste des actions soutenues par l'ANR, on voit qu'il y a de tout. L'ANR peut donc complètement basculer vers la recherche appliquée. Il n'y a pas de garde-fou.

La SFP : En conclusion, il y a vraiment nécessité d'une coordination nationale pour assurer une cohérence de la politique de recherche en France. Nous espérons que le Haut-Conseil pourra jouer ce rôle. ■

En conclusion,
il semble se dégager de cette première partie du débat, un assentiment des intervenants sur les principes d'une bonne politique de la recherche.

Concernant l'ANR :
• affecter une proportion importante des projets « blancs » dans l'ensemble des thématiques ;
• maintenir un soutien de base important (et évalué rigoureusement), face à l'augmentation considérable des aides incitatives ;
• la dotation de l'ANR devrait être complétée pour financer les coûts induits des laboratoires ou établissements d'accueil des équipes dont les projets ont été retenus (« overhead ») ;
• la transparence dans les comités d'évaluation de ces projets.

Concernant la politique générale de la recherche,
• la nécessité de coordonner au niveau national les programmes de recherche des organismes et des universités ;
• un plan pluriannuel de recrutement basé sur une gestion prévisionnelle des emplois scientifiques.

Salima Rafaï

Regard sur le parcours européen d'une physicienne passionnée

Lauréate du Prix 2005 de la Jeune Scientifique Parisienne.

Salima Rafaï a 29 ans.

- Novembre 2004 : doctorat de Physique des Liquides "Fluctuations et forces de surface dans les transitions de mouillage" à l'Université Paris 7 - Denis Diderot.

- Depuis Janvier 2006 : Stage post-doctoral en Physique de la matière molle au Van der Waals Instituut d'Amsterdam (Pays-Bas).

Après des études à Paris, Salima Rafaï a choisi de faire un post-doc' aux Pays-Bas.

Pourquoi avoir choisi d'étudier la physique ?
Je n'ai pas vraiment choisi la physique, c'est plutôt un hasard. Au lycée, j'avais plutôt une attirance pour les maths. Je n'ai réalisé que plus tard que la physique n'était pas une discipline figée, où il ne s'agirait que de reproduire ce que l'on a appris. Par ailleurs, j'ai trouvé que les concepts comme les équations aux dimensions et les ordres de grandeurs sont abordés trop tard dans le cursus scolaire.

Vous ne vous dirigiez donc pas vers la recherche, ni même vers la physique ?
Non. Après le bac, j'ai fait une prépa. Au vu de mes résultats, on peut dire que je n'étais pas vraiment dans mon élément. J'ai alors intégré la licence de physique, à Paris 7 Denis Diderot, où les enseignants proposent un projet de « physique expérimentale ». Sur 6 mois, 1 jour par semaine, il s'agit de répondre à une problématique de recherche qui n'a jamais été abordée auparavant.
Dans mon cas, il s'agissait du ressaut hydraulique, cet anneau d'eau peu profonde suivi d'une marche que l'on observe au fond de l'évier lorsque l'on fait couler un robinet. Au cours de ce type de projet, les étudiants sont amenés à proposer des solutions, à discuter avec les enseignants-chercheurs… Pour moi, c'était la première fois que je réalisais que le flux de connaissance pouvait circuler « dans l'autre sens », des étudiants vers les enseignants. L'université permet ce « passage à l'âge adulte ». J'ai aimé ça. Jusqu'à ce moment-là, je n'avais pas d'idée de ce qu'est la recherche. C'était en 1995, et c'est toujours pareil : j'ai fait des interventions en lycée pour parler de la Physique, les élèves découvraient tout un monde… ils pensaient, comme moi à leur âge, que toute la physique est déjà dans les livres.

Et vous voilà partie pour une thèse de physique des liquides…
Oui, après un DEA de physique des liquides à Paris 7, j'ai fait une thèse à l'Ecole Normale Supérieure de Paris, avec Daniel Bonn et Jacques Meunier, dont le sujet est « Fluctuations et forces de surface dans les transitions de mouillage ».

Que vous a appris votre thèse, au delà de la physique proprement dite ?
« Patience ! », me répétaient mes directeurs de thèse… Les expériences de mouillage peuvent être très longues et demandent beaucoup de soin : les systèmes sont très sensibles aux impuretés, aux changements de température,… Heureusement, j'ai aussi pu mener d'autres expériences, avec des étudiants stagiaires : l'encadrement, le fait d'enseigner permettent de se consacrer à 100% à d'autres, d'oublier les échecs quasi quotidiens liés à la thèse.

Vous voilà en post-doc' aux Pays-Bas. Vous pouvez nous dire comment et pourquoi ?
Je voulais profiter de l'opportunité de partir à l'étranger pour un moment. Il n'y a pas beaucoup de métiers où c'est possible. Mais, la recherche, c'est universel, vous pouvez aller travailler n'importe où dans le monde… Je voulais profiter de cette occasion de le faire. Et, même si ce n'est pas « politiquement correct » de dire ça, je ne vois pas le post-doc comme une précarité, mais comme une opportunité (tant qu'il reste de durée finie…).
J'ai choisi les Pays-Bas pour des raisons personnelles et par envie de découvrir un autre pays européen. J'ai visité des laboratoires aux Etats-Unis, mais, finalement, je préférais rester en Europe. Aux Pays-Bas, on me proposait un post-doc avec un financement semi-industriel.

Ces bourses co-financées sont courantes ?
Oui. Ca me semble être un procédé beaucoup plus généralisé qu'en France. Aux Pays-Bas, la mentalité est de trouver plus évident que les industriels participent à la recherche.

Quel est votre sujet de post-doc' ?
J'étudie l'adsorption de colloïdes aux interfaces et l'effet du confinement des colloïdes.

Comment s'est passé le passage thèse / post-doc' ? Est ce que l'expatriation l'a rendu plus difficile ?
Je pourrais résumer par : « nouveau domaine, nouveau départ ». L'expatriation nécessite de reconstruire son réseau social. Mais il a été très facile de s'habituer au mode de vie hollandais ; on sent bien que l'on est toujours en Europe.

En France, on insiste sur la rigueur, sur « aller au fond des choses ». Les Hollandais me semblent plus pragmatiques, ils vont au résultat ; et ils savent communiquer sur ce qu'ils font. Un étudiant de licence sait déjà « se vendre », mettre en avant les aspects positifs de ce qu'il présente. Les deux aspects me paraissent essentiels.

Salima Rafaï dessinée par Dafi

Côté science, c'était un peu difficile de revenir à un état où l'on ne sait plus rien. J'ai du apprendre à synthétiser les colloïdes, à les observer grâce à de nouvelles techniques, ... Mais ce que l'on a appris avant sert toujours : la méthodologie, la manière d'aborder les problèmes, le travail en équipe, ... Et l'intégration des étrangers dans les labos hollandais est très facile, car la langue de travail est l'anglais.

Mais, hors du labo, vous parlez néerlandais ?

Non, pas du tout. Après 18 mois passés ici, j'en sais juste quelques mots…Ici, tout le monde ou presque sait parler anglais. Pour un post-doc qui arrive, c'est plus facile. Dans un labo français, les gens parlent français entre eux et incitent les chercheurs étrangers à apprendre le français. Les Hollandais n'ont pas notre « fierté » de la langue, ils vont à l'efficacité : ils utilisent la langue que tous maîtrisent, que ce soit au labo ou ailleurs. Mais, paradoxalement, le fait que les gens parlent tous anglais ne m'a pas permis de me sentir intégrée au pays, de m'immerger dans la culture.

Après un an dans un laboratoire de recherche hollandais, quelles différences majeures voyez-vous entre les Pays-Bas et la France ?

Il y a une différence majeure quant aux moyens. Il y a plus d'argent pour le fonctionnement et moins de chercheurs permanents : donc plus d'argent par chercheur. Par contre, la politique semble être de choisir des thématiques et de ne pas les couvrir toutes. Donc, certains axes de recherche ne sont pas présents dans le pays. Mais, quand un axe est couvert, c'est avec ambition : s'il faut choisir un candidat, ce sera à l'échelle internationale, en particulier pour les doctorants et post-doctorants. Je trouve les Pays-Bas très ouverts sur le monde, avec un côté assez anglo-saxon.

Que voulez-vous faire après ce post-doc ?

J'aimerais rentrer en France. J'ai eu la chance d'enseigner et j'aime enseigner, mais pour commencer, je trouve idéal de pouvoir ne se consacrer qu'à la recherche.
Je préfèrerais la recherche publique au privé : je pourrai avancer à mon propre rythme, sans me priver de ma liberté d'exploration, avec mes propres échéances. Ma pression personnelle est plus forte que celle qu'on pourrait m'imposer de l'extérieur parce qu'elle correspond à une vocation. Pendant ma thèse, je travaillais 6 ou 7 jours sur 7, dans les moments les plus intenses. Mais pour ce « métier-passion » qu'est la recherche, il n'y a jamais assez d'heures dans une journée.

Comment vous imaginez vous dans 20 ans ?

J'espère pouvoir faire ce qui me plaît, c'est-à-dire de la recherche et si possible en France. Plus tard, à la tête d'un groupe de recherche et entourée d'étudiants, jusqu'à la retraite… et même après !

Le cursus français vous semble-t-il ne préparer qu'à être chercheur ?

C'est une vaste question et il y aurait beaucoup à dire. J'ai l'impression qu'en France, avec un doctorat, on n'a pas le choix de sa carrière. Ce n'est pas facile à valoriser dans le privé : la thèse n'est pas considérée comme *un plus*. En Hollande, à la fin de la thèse, l'horizon est plus ouvert.

En tant que lauréate 2005 du prix de la jeune scientifique parisienne, vous n'échapperez pas à cette dernière question : est-ce que ça fait une différence d'être une femme quand on est chercheur en physique ?

Au quotidien, oui : dans un environnement majoritairement masculin, les gens se souviennent plus facilement d'une femme. Mais, je n'ai jamais eu l'impression que ça pouvait me desservir d'être une femme. Pour nos aînées, être UNE scientifique était sans doute plus difficile.
Parfois, ce n'est pas simple de décorréler le fait d'être physicien et le fait d'être femme : quand quelqu'un vient me dire « j'ai beaucoup aimé votre intervention », je ne sais pas forcément sur quel compte le mettre…
Je suis étonnée de l'attention qu'on me porte : je ne pense être représentative ni de la physique, ni de la recherche... Ma mère est italienne, mon père marocain, j'ai vécu au Maroc jusqu'à 12 ans et je suis physicienne. Il y a 30 ans, rien de tout cela n'aurait été positif ; maintenant, ce sont des spécificités jugées intéressantes… et ça permet d'obtenir des prix !
Dans quelques années, espérons qu'il ne soit plus nécessaire de distribuer des prix spécifiquement adressés aux femmes ; c'est ce que j'ai dit lors de la remise du prix de la Mairie de Paris.
Dans la recherche, contrairement à la politique, il n'y a pas officiellement de quotas, mais je pense qu'il y a des efforts pour recruter des femmes.
On n'aurait pas besoin de quotas si, sous la pression sociale, les filles ne s'interdisaient pas d'accéder à des carrières scientifiques… ou les garçons d'être infirmiers, par exemple. ■

Interview réalisée par Véronique Parasote
veronique.parasote@archi7.net

APPEL DES COTISATIONS SFP ET ABONNEMENTS POUR 2007

À retourner rempli quel que soit le mode de règlement choisi*
à la SFP/Fichier - 33 RUE CROULEBARBE, 75013 PARIS (TEL: 01 44 08 67 10 FAX : 01 44 08 67 19)

NOM : ..... Prénom : .....
N° d'adhérent : ..... Année de naissance : .....
Adresse professionnelle : .....
.....
Tél : ..... Email : .....
Adresse personnelle.....
.....
Adresse d'expédition du courrier : ❍ professionnelle ❍ personnelle

TARIFS Année 2007	COTISATION SFP**	*REFLETS* et*** *EURO NEWS*	TOTAL	MONTANT
MEMBRE SFP				
❍ en activité, plus de 35 ans	68 €	24 €	92 €	.....
❍ en activité, 35 ans ou moins ❍ en retraite	34 €	24 €	58 €	.....
❍ membre de l'UdPPC ou de l'UPS	34 €	24 €	58 €	.....
❍ membre d'une Société de physique nationale européenne, résident dans son pays	34 €	24 €	58 €	.....
❍ doctorant (abonnement à *Reflets* 5 €, à *Euro News* 4 €)	14 €	9 €	23 €	.....
❍ **OFFRE EXCEPTIONNELLE "JEUNES NOUVEAUX ADHÉRENTS"** (*Reflets de la physique* inclus, abonnement à *Europhysics News* 4 €) ❍ étudiant ❍ doctorant ❍ postdoctorant (<35 ans) ❍ à la recherche d'emploi (< 35 ans)	10 €	4 €	14 €	.....
PARTENARIATS				
❍ Membre d'une société partenaire (SFC, GFP, SFN) *Pensez à régler directement à la société partenaire la part de cotisation qui lui revient*	51 €	24 €	75 €	.....
❍ Membre du GN-MEBA	105 €	24 €	129 €	.....

** Les membres qui désirent seulement s'abonner à *Reflets de la physique* ou à *Europhysics News*, doivent en tenir compte dans leur versement. ❍ *Reflets de la physique* seul : 20 € ❍ *Europhysics News* seul : 19 €
*** L'abonnement à *Europhysics News* vaut comme acte d'adhésion à l'European Physical Society par le canal de la SFP.
Une partie de la cotisation est déductible de l'impôt sur le revenu (66 % en 2005). Vous recevrez un reçu.

Personne extérieure à la SFP : abonnement à *Reflets de la physique* : 40 € .....
Contribution volontaire : ❍ Droits de l'homme ❍ Nord-Sud ❍ Femmes et physique .....

SOCIÉTÉ EUROPÉENNE DE PHYSIQUE (E.P.S.)
❍ Cotisation membre individuel appartenant à la SFP 19,60 € .....
Tarif réduit pour les membres de moins de 35 ans et pour les membres retraités. 14,70 € .....
(Les membres individuels EPS reçoivent automatiquement *Europhysics News*)
❍ Abonnement de membre individuel à *Europhysics Letters* 163,00 € .....

ABONNEMENTS PRÉFÉRENTIELS POUR LES MEMBRES SFP
❍ LA RECHERCHE 1er abonnement : oui ❍ non ❍ France 48 € Etranger 62 € .....
❍ POUR LA SCIENCE 1er abonnement : oui ❍ non ❍ France 48 € Etranger 60 € .....

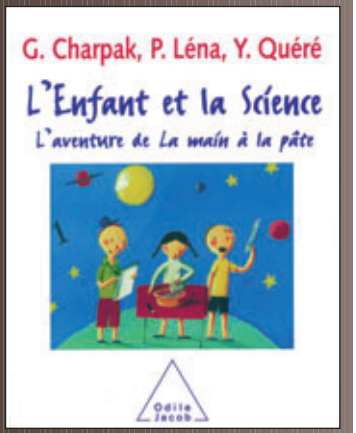
TOTAL COTISATIONS ET ABONNEMENTS

REGLEMENT - Je règle le montant total ci-contre : .....

❍ par prélèvement autorisé antérieurement ❍ par prélèvement à partir de 2007
❍ sur facturation (ci-joint bon de commande avec adresse de facturation) ❍ par chèque bancaire ou postal ci-joint
* Les règlements par mandat cash ne sont pas acceptés.

Date et signature :

Note de lecture



« L'enfant et la science. L'aventure de La main à la pâte »

Georges Charpak, Pierre Léna et Yves Quéré (Odile Jacob, 2005, 242 p., 15 €)

Dix ans après *La main à la pâte : les sciences à l'école primaire*, ouvrage publié sous la direction de Georges Charpak, voilà donc, écrite par ses trois pères fondateurs, l'histoire de l'aventure d'une rénovation de l'enseignement scientifique à l'école primaire. Comme de coutume, la *science* est, ici, expérimentale et n'inclut pas la mathématique. Loin d'être achevée, cette aventure est contée en neuf chapitres. Les premiers présentent et illustrent l'opération *La main à la pâte* par de nombreux témoignages et anecdotes. Sont également traitées les relations entre les élèves et la science ainsi que l'approche, *« entre fascination et crainte »*, qu'en ont les enseignants de l'école. Les problèmes de leur formation à la polyvalence et les modes d'accompagnement scientifique imaginés par la communauté scientifique pour apporter son aide sont détaillés. Le dernier des chapitres présente une vue prospective de ce que pourrait être le développement de cette opération au-delà de l'école et aborde l'idée, féconde, d'un enseignement intégré des sciences au début du collège dont on sait les réticences qu'il suscite. Peut-être aurait-il été utile de relever, à cette occasion, l'absurdité de la suppression des sciences physiques en classes de 6e et 5e à partir de 1991, puis leur réintroduction en 1997, en 5e seulement.

C'est un livre particulièrement bien documenté, aussi bien en ce qui concerne la situation en France que dans de nombreux pays étrangers, comme le montre la liste, quasi-complète, de ceux qui ont joué un rôle notable dans cette aventure au cours de la décennie passée.

Assorti d'annexes sur l'organisation de l'école primaire en France et sur l'éducation pour tous, cet ouvrage collectif présente une vaste bibliographie. Deux copieux index, des noms cités, d'une part, des matières et des lieux, d'autre part, ainsi qu'une liste des sigles sont d'une aide précieuse. Les très nombreuses notes et les multiples renvois de page en page contribuent à l'édification du lecteur, même si cela complique parfois la lecture.

Quelques petites erreurs ou maladresses marginales, particulièrement dans le domaine du fonctionnement du système éducatif, pourraient être corrigées dans les éditions à venir.

Dès la première ligne (page des remerciements), est utilisé le terme *« instituteurs »* auquel les auteurs sont visiblement attachés. En revanche, il est un peu regrettable qu'il puisse apparaître en synonyme de *« professeurs des écoles »*. Les auteurs savent bien qu'en France, en un demi-siècle, le niveau de recrutement des enseignants de l'école primaire est passé de baccalauréat moins trois ans à baccalauréat plus trois ans. Ce n'est pas rien. Quand *La main à la pâte* a commencé, le recrutement des instituteurs avait cessé depuis cinq années. Comme les enseignants des collèges et lycées, dont ils ont la carrière et le traitement, les professeurs des écoles sont recrutés parmi les titulaires d'une licence. Personne ne sait si l'opération *La main à la pâte* doit une partie de son succès à cette élévation du niveau de formation. Puis-je évoquer l'incrédulité de l'interprète chinois qui, lors d'une rencontre bilatérale sur l'introduction de *La main à la pâte* en Chine, m'a fait répéter la phrase : *« les enseignants de l'école sont désormais tous titulaires d'une licence »*, avant de la traduire ?

La loi pour l'avenir de l'école d'avril 2005 ne prévoit pas que les instituts universitaires de formation de maîtres seront *rattachés* aux universités (page 157) : ils le sont, en effet, par des conventions depuis le jour de leur création en 1990 et 1991. Ils seront *intégrés* à une université, ce qui constitue un enjeu considérable. D'établissements publics à caractère administratif, autonomes, avec un directeur nommé par le ministre, un conseil d'administration présidé, ès qualités, par le recteur et rattachés à toutes les universités de l'académie, ils sont destinés à devenir composante d'une seule université, à l'instar des instituts universitaires de technologie.

L'évaluation de l'efficacité de l'opération *La main à la pâte* est bien délicate à réaliser, comme le notent les auteurs, mais la permanence de leur enthousiasme sur une aussi longue durée suffit pour entraîner l'adhésion du lecteur à un texte de militants et à l'opération qu'ils ont créée.

Cet ouvrage jouera un rôle de référence pour qui s'intéresse à l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire. Il incitera à la réflexion sur ce que cet enseignement devrait devenir à l'entrée au collège.

Pierre Fontes
Université Paris XI, 91405 Orsay Cedex, fontes@csnsm.in2p3.fr

Courrier des lecteurs

Sur le devenir des jeunes docteurs en physique : un témoignage

Suite à l'information donnée dans le Bulletin de la SFP n° 154, p. 27, notre collègue Henri Bartholin, auteur d'un rapport sur « L'avenir des jeunes physiciens dans le monde » accessible par Internet (http://physicistemployment.blogspot.com), a reçu un abondant courrier sur ce sujet.
Nous publions ici l'essentiel d'une des lettres reçues, qui constitue un témoignage particulièrement intéressant sur les difficultés rencontrées par les jeunes chercheurs français après leur thèse, et sur l'organisation de la recherche dans les pays d'Asie.

La rédaction

Cher monsieur Bartholin,

J'ai lu avec intérêt votre rapport sur le devenir des physiciens après leur doctorat. [...]

J'ai effectué un doctorat en physique des plasmas au CEA, il y a de cela quatre ans, pour ensuite m'orienter vers les nanosciences - car cela me semblait être un domaine plus porteur - par un « postdoc » au Japon. J'ai pu alors mesurer la difficulté qu'il y avait à revenir en France sans avoir de contacts dans ce nouveau domaine. Je suis aujourd'hui « research scientist » dans un institut à Singapour.

Je crois que votre analyse n'est pas spécifique à la physique et peut aussi s'étendre à la chimie, à la biologie et à l'ingénierie. Il est incontestable que les Etats-Unis et le Japon se lancent sans timidité dans l'innovation et la recherche fondamentale avec des fonds provenant aussi bien du gouvernement que d'entreprises privées. Je me rappelle avec quelle facilité on pouvait acheter des équipements à l'université de Tokyo et à quel point les financements pouvaient être diversifiés : nous avions, par exemple, un projet portant sur les moteurs moléculaires, projet plutôt à connotation fondamentale, qui pourtant était presque entièrement financé par le constructeur d'automobiles Toyota. Imagine-t-on Renault faire de même en France ? Singapour possède une volonté identique de miser sur l'innovation, mais pas tellement sur la recherche fondamentale. Etant un petit pays, ils estiment ne pas pouvoir se le permettre et s'orientent vers des recherches appliquées sur le court ou le moyen terme. En revanche, les opportunités sont nombreuses et les moyens débloqués impressionnants au regard de la taille du pays. Ils débauchent nombre de chercheurs étrangers, s'efforcent d'initier des collaborations, de transférer les technologies vers l'industrie, puis de s'implanter sur le marché mondial. Ils drainent beaucoup d'étudiants chinois, indiens, etc. qui bénéficient alors, en quelque sorte, du savoir-faire occidental lorsque ils n'étudient pas directement aux Etats-Unis ou en Angleterre. Ils se calquent énormément sur le modèle éducatif anglo-saxon et particulièrement sur le système américain. Japonais et Singapouriens sont très pratiques : ils privilégient l'expérimentation, l'approche intuitive, l'initiative, et les chercheurs sont incités à commercialiser leur technologie (surtout à Singapour), voire à créer leur entreprise. En revanche, leurs connaissances théoriques sont plus fragiles ce qui, je crois, leur desservira sur le long terme.

Beaucoup parmi les postdocs [français] que j'ai côtoyés s'estimaient mal conseillés, voire délaissés, par leur directeur de thèse ou leur laboratoire. J'ai pu voir par exemple un normalien, agrégé de physique, doctorat avec les félicitations du jury, qui ayant troqué sa spécialisation en interaction laser-matière pour la physique des plasmas, s'est vu contraint à la fin de son postdoc de faire professeur remplaçant dans le secondaire. Il est aujourd'hui en CDD université-CEA. Beaucoup, également, estiment avoir été trompés lorsqu'on leur a conseillé de faire un postdoc à l'étranger. Ils ont le sentiment d'avoir perdu le contact avec la France, d'être sortis du système, et d'avoir acquis une expérience qui n'est pas reconnue du tout. Plutôt alors que d'accepter une condition précaire sans garantie en France, ils choisissent de rester dans le pays d'expatriation, où les moyens et le salaire sont plus attractifs. C'est comme ça que quelques uns de mes collègues postdocs à Tokyo sont restés au Japon. Malgré tout, j'ai remarqué que tous restent plus ou moins attachés à la France et souhaiteraient au fond pouvoir y retourner. Si jamais vous cherchez des statistiques concernant le Japon, il y a une association appelée ScienceScope qui regroupe les chercheurs et étudiants implantés au Japon :

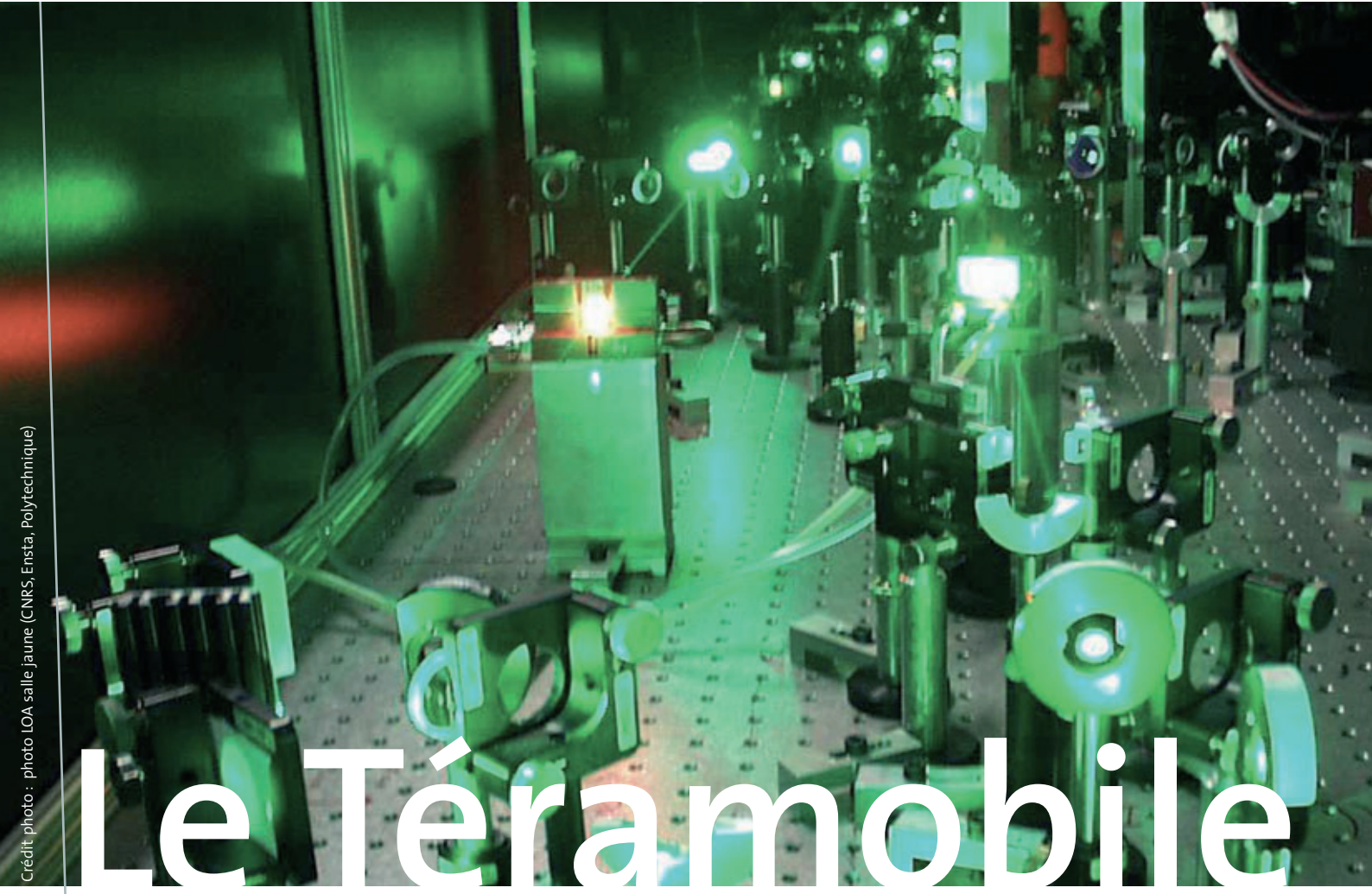
http://www.sciencescope.org

[...]

Je vous remercie encore pour votre document. J'espère qu'il sera largement diffusé, afin que tous prennent mieux conscience de la perte de compétences et du retard dans la recherche et l'innovation que la France est en train de prendre.

Bien cordialement,

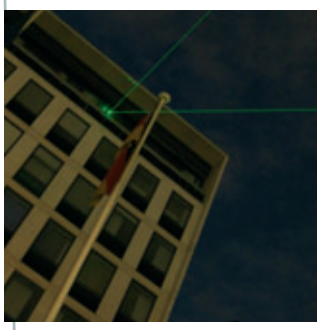
Guillaume Tresset



Crédit photo : photo LOA salle jaune (CNRS, Ensta, Polytechnique)

Le Téramobile

au Palais de la découverte



Crédit photo : J.P. Wolf / Université de Genève

Le Téramobile ne passe pas par la porte d'entrée du Grand Palais, ce qui ne l'a pas empêché d'aller à la rencontre du public parisien.

A l'occasion de la journée de l'Europe, l'Ambassade d'Allemagne, le CNRS et le Palais de la découverte se sont associés pour présenter cette coopération scientifique franco-allemande que constitue le Téramobile.
Le laser Téramobile a été exposé du 9 au 11 mai 2006, avenue Franklin Roosevelt, à Paris, devant l'Ambassade d'Allemagne et face au Palais de la découverte, en présence de Mme Catherine Colonna, Ministre déléguée aux affaires européennes.
Cette exposition a servi de prologue à une démonstration d'un laser femtoseconde, modèle réduit de celui du Téramobile, lors de l'exposition « Dix milliards de watts dans un fil de lumière ... » présentée dans le cadre du programme « Un chercheur, une manip' » au Palais de la découverte du 23 mai au 2 juillet dernier. Une quinzaine de chercheurs des laboratoires allemands, français et suisse impliqués dans le projet Téramobile se sont succédés durant six semaines pour présenter à quelques milliers de visiteurs le fonctionnement du laser et les applications des lasers femtoseconde.
Des expériences en "vraie grandeur", qui ont éveillé la curiosité et l'enthousiasme des visiteurs ... et peut-être quelques vocations de physiciens !

Jérôme Kasparian

De haut en bas :

1 - Laser issu du Téramobile, créant un lien optique symbolique entre l'Ambassade d'Allemagne et le Palais de la découverte.

2 - Le Professeur L. Wöste fait une démonstration du « laser à air » à M. Chevalet.

3 - Deux chercheurs (T. Siebert et L.Socaciu) alignent le laser ultra puissant de l'Université de Berlin.